

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

В.Н. Шепель, Н.В. Спешилова

# ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ И УПРАЖНЕНИЯХ

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 27.03.03 Системный анализ и управление, 27.03.04 Управление в технических системах, 38.03.01 Экономика, 27.04.03 Системный анализ и управление, 27.04.04 Управление в технических системах, 38.04.01 Экономика

Оренбург  
2021

УДК 330.4:005.5(075.8)  
ББК 65в631я73+65.291.21я73  
Ш 48

Рецензенты – доктор технических наук, профессор Н.А. Соловьев;  
кандидат экономических наук, доцент Е.М. Крипак.

**Шепель, В.Н.**  
Ш 48 Принятие решений в задачах и упражнениях : учебное пособие /  
В.Н. Шепель, Н.В. Спешилова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург :  
ОГУ, 2021. – 131 с.  
ISBN 978-5-7410-2585-7

Учебное пособие составлено в соответствии с программами курсов, связанных с изучением теории и практики принятия решений. Представлены разделы по теоретическим основам и реализации процедуры принятия решений с использованием математического инструментария. Пособие содержит ряд решенных задач, в том числе с использованием программы Microsoft Excel. Даны блоки тестовых вопросов для организации самопроверки знаний и задания для самостоятельного выполнения.

Пособие соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования. Предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 27.03.03 Системный анализ и управление, 27.03.04 Управление в технических системах, 38.03.01 Экономика, 27.04.03 Системный анализ и управление, 27.04.04 Управление в технических системах, 38.04.01 Экономика, очной и заочной форм обучения.

Также ориентировано на широкий круг читателей: прежде всего обучающихся в высших учебных заведениях (бакалавров, магистрантов и аспирантов) и преподавателей. Материал пособия будет интересен и тем, кто самостоятельно занимается изучением вопросов реализации процедуры принятия решений в различных сферах техники, экономики и пр.

УДК 330.4:005.5(075.8)  
ББК 65в631я73+65.291.21я73

ISBN 978-5-7410-2585-7

© Шепель В.Н.,  
Спешилова Н.В., 2021  
© ОГУ, 2021

# Содержание

Введение.....	4
1 Общие теоретические сведения о теории принятия решений.....	6
1.1 Основные понятия и определения теории принятия решений.....	6
1.2 Характеристики проблем принятия решений .....	14
1.3 Классификация задач принятия решений.....	17
2 Процедура принятия решений .....	23
2.1 Последовательность принятия решений и структурная схема процесса.....	23
2.2 Формулировка постановок задач.....	30
2.3 Выбор критериев качества .....	78
2.4 Построение математической модели и проведение с ее помощью расчетов ....	95
2.5 Особенности реализации процедуры принятия решения .....	107
Список использованных источников .....	127

## Введение

Решения принимают все – экономисты, инженеры, менеджеры, домохозяйки и космонавты. В литературе, посвященной «принятию решений» существует мнение, что лучшее решение может быть получено математическими методами. Решения могут приниматься человеком, компьютером и роботом. В данном учебном пособии мы рассмотрим задачи принятия решений человеком. Как в повседневной деятельности организации, так и в жизни отдельного человека принятие решений является важнейшим этапом процесса управления. Две научные дисциплины занимаются проблемой определения лучшего решения. Это исследование операций и теория принятия решений.

В середине прошлого столетия произошло слияние научных дисциплин исследование операций и теория принятия решений. Основным вопросом для данной обобщенной дисциплины стало изучение того, как человек принимает решения и как ему можно и нужно помогать в сложных задачах выбора. Исследования показали, что характеристики поведения людей при принятии экономических, политических, социальных, технических и даже личных решений имеют общие черты. В связи с этим проблемы принятия решений могут формулироваться и рассматриваться с единых позиций.

Какое решение целесообразно относить к лучшему? В исследовании операций достижение оптимума целевой функции считают лучшим решением. В теории принятия решений не существует абсолютно лучшего решения. Лучшим считают решение для конкретного лица, принимающего решение, в отношении поставленных им целей и при заданных условиях.

Наиболее употребляемыми на практике видами окончательного решения являются или один лучший вариант решения или разделенные на классы варианты решений или упорядоченные варианты по качеству.

Принятием решений обычно называют особый вид деятельности человека, состоящий в выборе одного из нескольких вариантов решений.

В учебном пособии на основе анализа задач и упражнений рассмотрены проблемы принятия решений в сферах экономики, менеджмента и техники. В первом разделе приводятся основные понятия и определения, используемые в теории принятия решений. Даны тесты и классификация задач принятия решений. Во втором разделе рассматривается последовательность (процедура) получения оптимального решения для критериальных задач, состоящая из четырех этапов: формулировка постановок задач, выбор критериев качества, построение математической модели и проведение с ее помощью расчетов, а также непосредственно принятие решений. Каждый этап содержит краткие сведения из теории, тест для самоконтроля, а также задачи или упражнения для иллюстрации применения теоретических положений на практике.

Пособие соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования. Может быть использовано при преподавании и освоении материала по дисциплинам: «Технология принятия управленческих решений в экономике фирм», «Технологии принятия управленческих решений в экономике», «Методы принятия технических решений», «Управление в технических системах», «Управление в социальных и экономических системах». Ориентировано на широкий круг читателей: прежде всего обучающихся в высших учебных заведениях (бакалавров, магистрантов и аспирантов) и преподавателей, а также всех тех, кто интересуется проблемой формирования компетенций в области обоснования и принятия эффективных управленческих решений.

# 1 Общие теоретические сведения о теории принятия решений

## 1.1 Основные понятия и определения теории принятия решений

*Пусть никто не думает, будто можно всегда принимать безошибочные решения, напротив, всякие решения сомнительны; ибо в порядке вещей, что, стараясь избежать одной неприятности, попадаешь в другую. Мудрость заключается только в том, чтобы взвесив все возможные неприятности, наименьшее зло почесть за благо*

Н. Макиавелли «Государь», 1513 г.

**Теория принятия решений** – это раздел менеджмента, изучающий способы анализа, синтеза образа действий в зависимости от целевых установок и условий, в которых осуществляется операция, располагаемых ресурсов, состава исполнителей.

Необходимость разработки подходов и методов теории принятия решений (ТПР) в управлении вызвана тем, что стремительно развиваются и усложняются экономические связи, выявляются зависимости между отдельными процессами и явлениями, которые раньше казались не связанными друг с другом. В связи с этим произошло резкое возрастание сложностей формирования и реализации принятия оптимальных решений. Кроме того, затраты на их разработку непрерывно увеличиваются, а последствия ошибок становятся все серьезнее. Следует отметить, что обращение к профессиональному опыту и интуиции не всегда приводит к выбору наилучшей стратегии. Использование методов ТПР позволят решить эти проблемы (в случае использования цифровых методов) быстро и с достаточной степенью точности. При этом обязательным условие становится применение современных информационных технологий на разных этапах принятия решений.

Теория принятия решений, имеющая корни в исследовании операций, использует многие понятия и определения из этой дисциплины. Одним из таких

терминов является «операция». Под «операцией» понимают организованную деятельность в исследуемой области жизни, объединенную единым замыслом, направленную к достижению определенной цели и имеющую характер многократности. В данном определении подчеркиваются две особенности: ее целевая направленность и повторяемость. Отметим, что в ТПР в отличие от исследования операций рассматриваются и операции, не обладающие свойством повторяемости, а также операции, преследующие несколько целей (многоцелевые).

Примеры различных операций:

1) производственная деятельность промышленного предприятия, производящего некоторую продукцию;

2) отражение воздушного налета средствами системы противовоздушной обороны;

3) запуск группы искусственных спутников Земли для создания космической системы связи;

4) совокупность мероприятий, направленных на повышение надежности некоторого технического устройства.

5) создается самолет гражданской авиации (он должен удовлетворять значительному числу критериев).

Операция является *управляемым мероприятием*. Совокупность лиц и технических устройств, которые стремятся в данной операции к достижению поставленной цели, называется оперирующей стороной.

В операции могут участвовать одна или несколько оперирующих сторон, преследующих различные, несовпадающие цели. Несовпадение целей оперирующих сторон создает *конфликтную ситуацию*. Подобные операции называются *многосторонними* или *конфликтными*.

Для достижения цели оперирующая сторона располагает некоторым запасом *активных средств (ресурсов)*, используя которые она может добиваться достижения цели. В качестве ресурсов в зависимости от существа операции могут выступать: станки, запасы сырья, рабочая сила, денежные средства, средства противодействия в системе противовоздушной или противоракетной обороны и т.п.

**Задача принятия решения (ЗПР)** возникает в том и только в том случае, когда существует цель (цели), которую (которые) нужно достичь, когда возможны различные способы ее достижения (альтернативы) и существуют факторы, ограничивающие возможности достижения цели. Выявление всех трех указанных основных элементов ЗПР должно обязательно предшествовать ее непосредственному решению.

В настоящее время существует достаточно большое количество современных научных дисциплин, изучающих проблемы принятия решений. К ним можно отнести математическое программирование, теорию игр, теорию статистических решений, теорию оптимального автоматического управления, адаптивные системы управления, системный анализ, экономическая кибернетика и по-прежнему развивается исследование операций и др.

Искусство принятия наилучших решений, основанных на опыте и интуиции, является сущностью любой сферы человеческой деятельности.

Ситуацию, в которой происходит принятие решений, характеризуют следующие основные черты:

1) *Наличие цели (целей)*. Если же цель не сформулирована, то не возникает и необходимость принимать какое-либо решение.

2) *Наличие альтернативных линий поведения*. Если же существует лишь одна линия поведения, то выбора нет и, следовательно, решения принимать не требуется, оно очевидно.

3) *Наличие ограничивающих факторов (в математическом программировании их называют дисциплинирующими условиями)*. Ограничивающие факторы, которые целесообразно рассмотреть, укрупненно разбивают на три основные группы: экономические, технические и социальные.

Дисциплинирующие условия накладывают ограничения на возможности достижения поставленных целей. На практике, дисциплинирующие условия всегда присутствуют. Очевидно, что отсутствие ограничений существенно упрощает задачу принятия решения.

Лицом, принимающим решение, называют человека, имеющего цель, которая служит мотивом постановки задачи и поиска ее решения. Желательно чтобы ЛПР являлось компетентным специалистом в своей области и обладало опытом деятельности в ней. Обязательным условием является наделение ЛПР необходимыми полномочиями. Важно, чтобы ЛПР несло ответственность за принятое решение.

### **Тестовые вопросы по основным понятиям теории принятия решений**

1 Укажите две научные дисциплины, из приведенных ниже которые изучают проблемы принятия решений:

- а) амортизационные отчисления;
- б) апофония;
- в) математическое программирование;
- г) теория игр;
- д) бандаж.

2 Укажите две научные дисциплины, из приведенных ниже которые изучают проблемы принятия решений:

- а) теория оптимального автоматического управления;
- б) исследование операций;
- в) баскетбол;
- г) белиджи;
- д) бетельгейзе.

3 Укажите научную дисциплину, которая занимается изучением проблем оптимальных решений:

- а) экономическая статистика;
- б) теория рынков;
- в) математическая статистика;

- г) экономическая психология;
- д) теория принятия решений.

4 Укажите две части изученной Вами дисциплины:

- а) основные понятия;
- б) схема процесса принятия решений;
- в) автоматизированные системы управления;
- г) язык программирования;
- д) авторитарный капитализм.

5 Наличие какой черты обязательно для ситуации, в которой происходит принятие решений:

- а) присутствие автокорреляции;
- б) наличие юридического лица;
- в) наличие эффекта симметрии;
- г) наличие эмиссионной системы;
- д) наличие цели (целей).

6 Наличие какой черты обязательно для ситуации, в которой происходит принятие решений:

- а) наличие альтернативных линий поведения;
- б) наличие автоматизированного предприятия;
- в) наличие эмиссионной прибыли;
- г) наличие актуарных расчетов;
- д) наличие электронной почты.

7 Наличие какой черты обязательно для ситуации, в которой происходит принятие решений:

- а) присутствие неявных функций;
- б) наличие дисциплинирующих условий;

- в) наличие демографической амортизации;
- г) наличие экономического роста;
- д) наличие статистического анализа.

8 Дисциплинирующие условия (ограничивающие факторы), учитываемые в операции, классифицируют по трем группам:

- а) статистические, спектральные и типологические;
- б) нормативные, циклические и экспертные;
- в) экономические, технические и социальные;
- г) платные, арендные и подрядные;
- д) асимптотические, балансные и бухгалтерские.

9 Наличие цели операции, вариантов достижения этой цели и дисциплинирующих условий это:

- а) база сопоставления;
- б) бухгалтерский баланс;
- в) экономическая система;
- г) задача принятия решения;
- д) эвристика.

10 Операцией называют организованную деятельность в исследуемой предметной области, объединенную единым замыслом и направленную к достижению ....

- а) биодозы;
- б) гематоксилина;
- в) дуального управления;
- г) дублирования;
- д) выбранной цели.

11 Оперирующей стороной называют совокупность лиц и технических систем, которые стремятся в исследуемой операции к достижению ....

- а) некоторой цели;
- б) обработке изображений;
- в) массового обслуживания;
- г) интегральной схемы;
- д) равновесия.

12 Несовпадение целей оперирующих сторон в исследуемой операции создает:

- а) бистабильный элемент;
- б) конфликтную ситуацию;
- в) бионику;
- г) виртуальную память;
- д) теорию графов.

13 Совокупность лиц и технических устройств, которые участвуют в операции, но не стремятся к достижению целей операции, называют:

- а) ценовой дискриминацией;
- б) хозяйственным объединением;
- в) арбитрами и природными силами;
- г) функциональным управлением;
- д) фондом стабилизации.

14 Для достижения выбранной цели оперирующая сторона должна располагать некоторым запасом:

- а) фискальных доходов;
- б) финансовых обязательств;
- в) виртуальной памяти;
- г) активных средств (ресурсов);
- д) вычислительной техники.

15 Человека, имеющего цель, которая служит мотивом формулировки задачи и поиска ее решения называют:

- а) администратором банка данных;
- б) главой семьи;
- в) финансовым посредником;
- г) филантропом;
- д) лицом, принимающим решение.

16 Укажите два обязательных условия, без которых человек не может считаться лицом, принимающим решение:

- а) наличие необходимых полномочий;
- б) ответственность за принятое решение;
- в) знание компьютерных технологий;
- г) наличие опыта работы в своей предметной области;
- д) высокая квалификация.

17 Оперирующая сторона управляет операцией, используя различные способы применения ресурсов. Их называют терминами:

- а) фильтры, титулы, смежные затраты, ротации, резервы;
- б) равновесными ценами, принципами, предложениями, ползущей инфляцией;
- в) способы действий, альтернативы, стратегии, управления, решения;
- г) гистограммами, дисперсиями, емкостью рынка, заказчиками;
- д) инвентаризацией, инвестициями, индексами цепными, интерфейсами.

18 Ограничения на выбор способов действий оперирующей стороны называют:

- а) финансовой блокадой;
- б) фиксированной рентой;
- в) демографической сеткой;
- г) дисциплинирующими условиями;

д) демографической совокупностью.

## **1.2 Характеристики проблем принятия решений**

При принятии решения человеком сложно вести разговор об «объективности». Качество «субъективного» решения зависит от многих условий, среди которых интеллект лица, принимающего решение (ЛПР), методы и процедуры разработки и обоснования решений и пр. Именно этими методами и процедурами занимается теория принятия решений.

Исследователи, работающие в области принятия решений условно подразделяются на три группы: первая занимается изучением процедур принятия решений (психологи); вторая изучает аксиоматические построения моделей выбора (математики); третья занимается нормативными методами и предписывает исполнителям правила рационального выбора.

Таким образом, основным объектом исследования в данной области являются нормативные (прескриптивные) методы принятия решений. Прескриптивные от слова прескрипция (от лат. *prescribere* – предписывать; отсюда буквальное значение – предписание), именно наличие таких методов оправдывает право этой области на самостоятельное существование. Если их исключить, то область исследований распадется на одно из частных направлений психологии или одно из частных направлений прикладной математики.

Первой прескриптивной характеристикой является наличие или отсутствие объективной модели, связывающей большинство основных параметров разрабатываемой операции. Существует широкий класс проблем принятия решений, для которых можно построить надежную математическую модель, причем качество полученного решения оценивается по многим критериям. Эти проблемы являются как бы многокритериальными аналогами соответствующих известных проблем исследования операций.

Второй прескриптивной характеристикой методов ПР являются требования, предъявляемые к виду окончательного решения. Наиболее распространенными их типами, как указывалось раньше, являются:

- 1) определенный один лучший вариант решения;
- 2) разделенные рассматриваемые варианты на несколько классов решений;
- 3) упорядоченные варианты по качеству.

Третья характеристика методов ПР связана с тем, насколько нова рассматриваемая проблема для ЛПР. Проблема может быть новой для лица, принимающего решение или повторяющейся. Проблема рассматривается как новая, если она сама по себе или обстановка, в которой осуществляется выбор, встречается впервые. При повторяющихся решениях ЛПР может выработать типовые правила решений, так как имеет возможность неоднократно наблюдать результаты их применения. В неповторяющихся операциях правила формулирует ЛПР в ходе решения проблемы. К новым проблемам целесообразно отнести все, для которых типовые правила еще не разработаны.

*По информированности лица*, принимающего решения, представляется возможным разделить проблемы принятия решений на два существенно различающихся класса – проблемы, в процессе решения которой ЛПР может сам выполнить функции эксперта (оценить варианты решений, как в целом, так и по отдельным критериям, назначить критерии качества, сформулировать концепцию математической модели т.п.), и проблемы, где роли ЛПР и экспертов существенно отличаются.

Для проблем первого класса характерно наличие у ЛПР целостного образа – «гештальта». *Замечание*, гештáльт (нем. *gestalt* – целостная форма или структура) – понятие в гештальтпсихологии. Часто этот гештáльт намного шире и глубже, чем его формальное представление совокупностью оценок по многим критериям. Если проблема знакома ЛПР, то он уверенно использует набор гештальтов в ходе ее решения. Для таких проблем полезность применения методов принятия решений состоит, прежде всего, в организации работы ЛПР, подготовке процесса сбора и формализации информации.

В то же время роль методов принятия решений в самой оценке альтернатив ограничена, так как человек, основываясь на своем целостном восприятии альтернатив, может вмешиваться в формальный процесс оценки, предугадывать его результат, учитывать дополнительные нюансы при более детальном анализе. Многие проблемы такого типа встречаются, например, при выборе покупателем предметов повседневного спроса. Называют этот класс проблем - проблемами целостного (некритериального) выбора.

Проблемы второго класса характерны для тех случаев, когда лицо, принимающее решение не обладает информацией, достаточной, для того чтобы иметь представление об альтернативах. Для извлечения такой информации необходима помощь экспертов (эксперта), обладающих специальными знаниями. ЛПР определяет множество критериев, характеризующих его отношение к рассматриваемой проблеме, строит решающее правило. Но ЛПР не имеет целостного представления об альтернативе до начала процесса выбора: оно возникает у него лишь как совокупность оценок альтернативы по многим критериям.

Примером таких проблем является выбор проектов сложных социально-технических систем. Для этих проблем роль методов принятия решений не ограничивается помощью ЛПР в систематизации процесса принятия решений. Методы принятия решений становятся крайне важным средством построения решающего правила, определяющего общую оценку альтернативы на основе ее оценок по множеству критериев. Именно в этом правиле заключается политика ЛПР; ему гораздо легче внести изменения в решающее правило, чем в результирующие общие оценки альтернатив. Проблемы этого класса обычно называют проблемами критериально-экспертного выбора.

Еще одной важной характеристикой проблемы принятия решений является ее размерность. Под *размерностью* понимают количество критериев и количество альтернативных вариантов решений задачи принятия решения. Очевидно, размерность проблемы влияет на выбор метода ее решения.

### 1.3 Классификация задач принятия решений

Реализация каждой допустимой стратегии оперирующей стороны естественно приводит к соответствующему исходу операции. Представляется очевидным, что различные стратегии имеют различное качество, для сравнения которых нужно иметь возможность оценивать соответствующие исходы операции. Исход операции оценивается с помощью некоторых *критериев качества* (иначе – *критериев эффективности* или *критериев оптимальности*). Критерий оптимальности является математическим выражением цели операции (математической моделью цели операции), позволяющим количественно оценить степень достижения этой цели. Стратегия, лучшая в смысле выбранного критерия оптимальности, т.е. доставляющая ему требуемое экстремальное (максимальное или минимальное в зависимости от смысла задачи) значение, называется *оптимальной стратегией* (синонимами этому термину являются термины *оптимальное решение*, *оптимальное управление* и т.п.).

В количественной (критериальной) теории принятия решений широко оперируют понятиями *показатель* и *критерий*. Словарь русского языка понятие «показатель» определяет, как «то, почему можно судить о развитии, ходе и тому подобное чего-либо». Иными словами, применительно к ТПР под показателем понимают количественную оценку какого-то свойства изучаемого объекта или процесса.

Термин «критерий» происходит от греческого «критерион», означающего в переводе «средство для решения», «мерило оценки». Термин «критерий» в словаре русского языка определяется как «признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо». Следовательно, применительно к ТПР критерий есть средство для количественной оценки решений, сравнения их между собой и выбора наилучшего (оптимального).

Как соотносятся между собой показатели и критерии? Любой сложный объект или процесс, относительно которого принимается решение, характеризуется

широким спектром показателей. Очевидно, что эти показатели неравнозначны: одни из них являются второстепенными, слабо связанными с целями операции и потому мало влияющими на принятие решений; другие же, напротив, являются первостепенными, непосредственно выражающими цели операции и значительным образом влияющими на принятие решений. Именно эти показатели и должны выступать в роли критериев выбора оптимальных решений.

В некоторых операциях и достаточно простых ситуациях принятия решений удастся ограничиться единственным критерием оптимальности. Соответствующие задачи принятия решений называются *одноцелевыми* или *однокритериальными* задачами принятия решений (*иначе – монокритериальными* или *скалярными*). В противном случае имеют место *многоцелевые* или *многокритериальные* ЗПР (*иначе – поликритериальные* или *векторные*). Эксперты теории принятия решений (исследования операций) часто различают термины *целевые* (например, одноцелевые) и *критерий* (например, однокритериальный), в зависимости от терминов, применяемых в задаче.

В связи с тем, что значение критерия оптимальности в любой операции зависит от различных величин, которые описывают свойства операции, используемые ресурсы и т.д., то критерий оптимальности часто называют также *критериальной* или *целевой функцией* или *функцией эффективности*.

Все задачи принятия решений группируются в зависимости от набора классификационных признаков. Существует несколько подходов к классификации задач принятия решений. Однако большинство из них опирается на следующие признаки: характер лица принимающего решения, количество целей, влияние времени, степень структуризации, использование данных эксперимента, степень использования вычислительной техники.

Каждый из признаков включает несколько параметров классификации задач принятия решений. Общая схема классификации задач принятия решений приведена на рисунке 1.

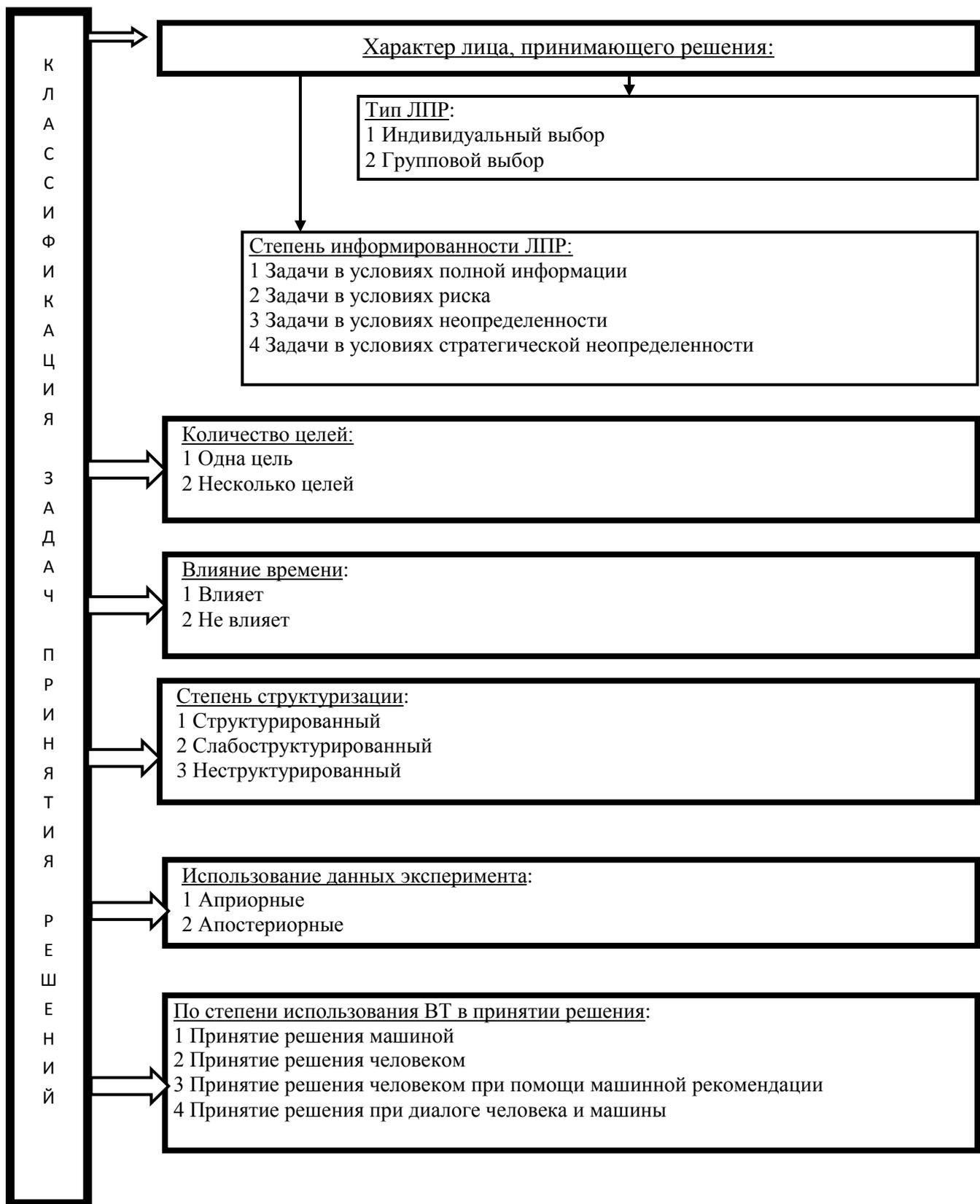


Рисунок 1 – Общая схема классификации задач принятия решений

## Тестовые вопросы по классификации задач принятия решений

1 Степень достижения цели операции оперирующей стороной оценивается с помощью некоторых:

- а) цифровой модели;
- б) случайных процессов;
- в) управляющих воздействий;
- г) программного управления;
- д) критериев качества.

2 Математическое выражение цели операции называется:

- а) критерием оптимальности;
- б) табулятором;
- в) статистическим линеаризатором;
- г) функцией вычисления;
- д) разомкнутой системой.

3 Математическая модель цели операции называется:

- а) семиотикой;
- б) критерием оптимальности;
- в) управляемым процессом;
- г) производственной функцией;
- д) сегментацией.

4 Стратегия, лучшая в смысле выбранного критерия оптимальности называется:

- а) повторителем;
- б) методом оврагов;
- в) оптимальной стратегией;
- г) теневой стратегией;
- д) тендерной стратегией.

5 Если в задачах принятия решений используется один критерий оптимальности, то задачи называются:

- а) параметрическими;
- б) алгоритмическими;
- в) матричными;
- г) однокритериальными;
- д) многокритериальными.

6 Если в задачах принятия решений используется несколько критериев оптимальности, то задачи называются:

- а) индекса структурных сдвигов;
- б) инфляционными;
- в) средних экономических показателей;
- г) совершенной эластичности;
- д) многокритериальными.

7 В зависимости от типа ЛПР (лица, принимающего решения) задачи принятия решений бывают (укажите два класса):

- а) индивидуального выбора;
- б) группового выбора;
- в) квалификационного выбора;
- г) классификационного выбора;
- д) синдикатного выбора.

8 В зависимости от степени информированности ЛПР (лица, принимающего решения) задачи принятия решений бывают (укажите два класса):

- а) в условиях синтетического учета;
- б) в условиях селективного спроса;
- в) в условиях полной информации;
- г) в условиях риска;
- д) в условиях бюджетной классификации.

9 В зависимости от степени информированности ЛПР (лица, принимающего решения) задачи принятия решений бывают (укажите два класса):

- а) в условиях неопределенности;
- б) в условиях товарной классификации;
- в) в условиях кластерного анализа;
- г) в условиях сезонных цен;
- д) в условиях стратегической неопределенности.

10 В зависимости от количества целей задачи принятия решений бывают (укажите два класса):

- а) рыночными;
- б) одноцелевыми;
- в) многоцелевыми;
- г) розничными;
- д) ковариационными.

11 В операциях решения могут приниматься:

- а) матрицей;
- б) функцией;
- в) продольным анализом;
- г) машиной;
- д) человеком.

12 В операциях решения могут приниматься:

- а) человеком при помощи машинной рекомендации;
- б) в режиме диалога человека и машины;
- в) реструктуризацией долга;
- г) рентой пожизненной;
- д) регрессионным анализом.

## 2 Процедура принятия решений

### 2.1 Последовательность принятия решений и структурная схема процесса

#### Упрощенная задача принятия решений при управлении организацией.

Совет директоров фирмы "Русские автомобили" должен принять важное решение. Какой образец запускать в серию – маленького верткого "Алешу" или представительного "Добрыню"? Отличаются эти типы автомобилей, прежде всего, расходом бензина на 100 км пробега – "Добрыня" больше, тяжелее, а потому и бензина ему надо больше, чем "Алеше". Зато "Добрыня" гораздо солиднее и вместительнее. При дешевом бензине потребители предпочтут "Добрыню", при дорогом – "Алешу". Будущая цена бензина неизвестна, это – фактор риска для фирмы "Русские автомобили".

#### *Решение*

Каждый из двух вариантов решения имеет плюсы и минусы. Для принятия решения явно не хватает следующей количественной информации:

- насколько вероятна к моменту выхода продукции на рынок низкая цена бензина и насколько – высокая;

- каковы будут финансовые результаты работы фирмы при различных вариантах сочетания цены бензина и типа выпускаемого автомобиля (а таких сочетаний четыре: низкая цена бензина – автомобиль "Алеша", низкая цена бензина – автомобиль "Добрыня", высокая цена бензина – автомобиль "Алеша", высокая цена бензина – автомобиль "Добрыня").

На эти вопросы генеральный директор фирмы заранее поручил ответить соответствующим специалистам. Перед началом заседания члены Совета директоров получают нужные для принятия решения количественные данные, сведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Прибыль фирмы "Русские автомобили" при выпуске автомобилей двух типов (млн. руб.)

Цена бензина	Тип "Алеша"	Тип "Добрыня"
Низкая (60 %)	750	1000
Высокая (40 %)	500	200

На заседании Совета директоров началась дискуссия.

- Полагаю, надо получить максимум в самом плохом случае, – сказал осторожный Воробьев. – А хуже всего будет при высокой цене бензина, прибыль фирмы по сравнению со случаем низкой его цены уменьшается при любом нашем решении. Выпуская "Алешу", заработаем 500 миллионов, а "Добрыню" – 200 миллионов. Значит, надо выпускать "Алешу" – и как минимум 500 миллионов нам обеспечены.

- Нельзя быть таким пессимистом, – заявил горячий Лебедев. – Скорее всего, цена бензина будет низкой (за это – 60 шансов из 100), а высокой – лишь как исключение. Надо быть оптимистами – исходить из того, что все пойдет, как мы хотим, цена бензина будет низкой. Тогда, выпуская "Добрыню", получим миллиард в бюджет фирмы.

- На мой взгляд, и пессимист Воробьев, и оптимист Лебедев обсуждают крайние случаи – самую худшую ситуацию и самую лучшую. А надо подходить системно, обсудить ситуацию со всех сторон, учесть обе возможности, – начал свое выступление обстоятельный Чибисов, когда-то изучавший теорию вероятностей. – Рассмотрим сначала первый вариант – выпуск "Алеша". Мы получим 750 миллионов в 60% случаев (при низкой цене бензина) и 500 миллионов в 40% случаев (при высокой его цене), значит, в среднем  $750 \times 0,6 + 500 \times 0,4 = 450 + 200 = 650$  миллионов. А для варианта "Добрыни" аналогичный расчет дает  $1000 \times 0,6 + 200 \times 0,4 = 600 + 80 = 680$  миллионов, т.е. больше. Значит надо выпускать "Добрыню".

- Предыдущий оратор рассуждает так, как будто мы будем выбирать тип автомобиля на каждом заседании Совета директоров, да и все данные в табл.1 лет сто не изменятся, – вступил в дискуссию экономист Куликов. – Но нам предстоит принять решение только один раз, и сделать это надо так, чтобы потом не жалеть об упущенных возможностях. Если мы решим выпускать "Добрыню", а к моменту выхода на рынок цена бензина окажется высокой, то получим 200 миллионов вместо 500 миллионов при решении, соответствующем будущей цене бензина. Значит, упущенная выгода составит  $500 - 200 = 300$  миллионов. При выпуске "Алеши" в случае низкой цены бензина упущенная выгода составит  $1000 - 750 = 250$  миллионов, т.е. будет меньше. Значит, надо выпускать "Алешу".

- Подведем итоги, – сказал председательствующий Медведев. – Выступили четверо, каждый привел убедительные доводы в пользу того или иного решения, каждый исходил из той или иной теоретической концепции. При этом за выпуск "Алеши" выступили Воробьев и Куликов, а за выпуск "Добрыни" – Лебедев и Чибисов. Будем голосовать.

Ответ. Результаты голосования – 15 членов Совета директоров за выпуск "Добрыни", 8 (в основном более осторожные представители старшего поколения) – за выпуск "Алеши". Большинство голосов решение принято – фирмы "Русские автомобили" будет выпускать "Добрыню".

Теория и практика экспертных оценок – развитая научная и практическая дисциплина с большим числом подходов, идей, алгоритмов, теорем и способов их практического использования. Подчеркнем – лицо, принимающее решение (ЛПР) отвечает за принятие решений и не имеет права переложить ответственность на специалистов.

Под управлением в промышленном предприятии часто понимают процесс, включающий функции: планирование, организацию, мотивацию и контроль, объединенные связующими процессами коммуникации и принятия решений. Задачи принятия решений, в каждой из функций возникают в том случае, когда существуют

цели, которые нужно достичь, когда возможны различные способы их достижения и существуют факторы, ограничивающие возможности достижения целей. Выявление всех трех указанных основных элементов задач принятия решений должно обязательно предшествовать ее непосредственному решению. В настоящее время, используются три способа принятия решений: 1) интуитивный способ, т.е. принимается решение, подсказанное предыдущим жизненным опытом (интуицией); 2) принимается решение по результатам натуральных испытаний, обработанных методами математической статистики; 3) принимается решение по результатам математического моделирования.

Многими исследованиями установлено, что интуитивный способ принятия решений дает ошибку, пропорциональную не компетенции ЛПР, натурные испытания не всегда представляется возможным организовать, наиболее приемлемо принимать решения с использованием математического моделирования.

В настоящее время еще не выработана единая «технология» процесса принятия решений, однако определенная тенденция в этом направлении имеется. В работах многих авторов по исследованию операций, системному анализу, управлению производством содержатся рекомендации по формированию состава и последовательности исследований в процессе принятия решений. На основании их анализа и обобщения можно предложить следующий состав «типового» процесса принятия решения: 1) предварительное формулирование проблемы; 2) определение целей операции и выбор соответствующих критериев оптимальности; 3) выявление и формулирование дисциплинирующих условий; 4) составление возможно более полного списка альтернатив и предварительный их анализ с целью отбрасывания явно неэффективных; 5) сбор необходимой информации и прогнозирование изменений параметров операции в будущем; 6) точное формулирование постановки задачи; 7) разработка математической модели операции, позволяющей оценивать эффективность каждой альтернативы; 8) анализ и выбор метода решения задачи и разработка алгоритма решения; 9) оценка альтернатив и определение наиболее эффективных; 10) принятие решения ответственным руководителем; 11) выполнение решения и оценка результатов.

Упрощенная процедура разработки управленческих решений промышленного

предприятия может быть применена для большинства задач принятия решений: формулировка постановок задач; выбор критериев качества; описание факторов (дисциплинирующих условий), ограничивающих возможности достижения цели; составление возможных вариантов решения поставленной задачи; построение (выбор) математической модели и проведение с ее помощью расчетов; принятие решений.

Процесс принятия решений является сложной итеративной циклической процедурой. Действительно, результат практически любого этапа исследований может повлиять на постановку задачи и привести к ее изменению. В частности, даже практическое опробование принятого решения, если оно дает нежелательный результат, также является стимулом к пересмотру постановки задачи и поиску новых решений. Структурная схема «типового» процесса принятия решения представлена на рисунке 2.

### **Тестовые вопросы по процедуре принятия решений**

1. Укажите один из применяемых в настоящее время способов принятия решений:

- а) интуитивный способ;
- б) страхового способ;
- в) базисный способ;
- г) трансляционный способ;
- д) статистический способ.

2 Укажите один из применяемых в настоящее время способов принятия решений:

- а) на основе результатов мультипрограммирования;
- б) на основе бюджетного финансирования;
- в) по результатам натурных испытаний;
- г) на основе применения казуистических методов;
- д) на основе устранения импликации.

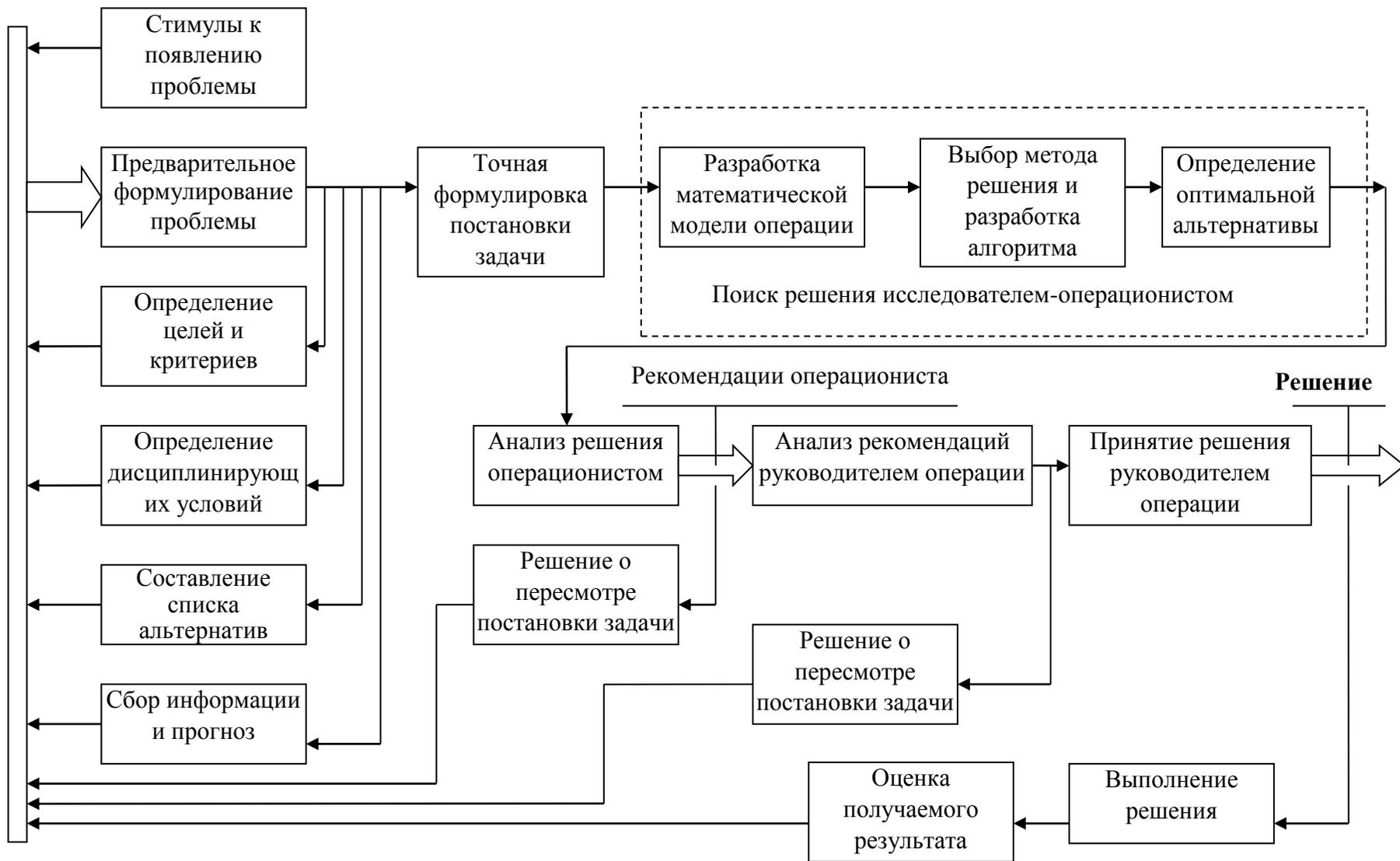


Рисунок 2 – Структурная схема процесса принятия решения

3 Укажите один из применяемых в настоящее время способов принятия решений:

- а) на основе результатов мультипрограммирования
- б) на основе бюджетного финансирования;
- в) на основе трансляционный способ;
- г) на основе математического моделирования;
- д) на основе страхового способа.

4. Укажите этап, который входит в процедуру разработки управленческих решений

- а) описание модели массового обслуживания;
- б) составление возможных вариантов решения поставленной задачи;
- в) проверка корректности программного обеспечения;
- г) расчет коэффициента автоматизации парка оборудования;
- д) осуществление антимонопольного регулирования.

5. Укажите этап, который входит в процедуру разработки управленческих решений

- а) обеспечение режима наибольшего благоприятствования
- б) ратционирование экспорта и импорта
- в) построение (выбор) математической модели и проведение с ее помощью расчетов
- г) принятие конституции
- д) расчет коэффициента использования производственной мощности

6. Рассмотрением проблемы оптимальных решений занимается научная дисциплина:

- а) экономическая статистика;
- б) теория рынков;
- в) математическая статистика;

- г) экономическая психология;
- д) теория принятия решений.

7. Укажите две части дисциплины теория принятия решений:

- а) основные понятия;
- б) процедура разработки управленческих решений;
- в) автоматизированные системы управления;
- г) язык программирования;
- д) авторитарный капитализм.

## 2.2 Формулировка постановок задач

Технология принятия решений начинается с формулирования постановки задачи. Постановка задачи представляет собой сформулированную цель (желаемый результат), предстоящей операции и условий, в которых необходимо ее осуществить. Выделяют три различных, хотя и взаимосвязанных способа возникновения задач (рисунок 3).

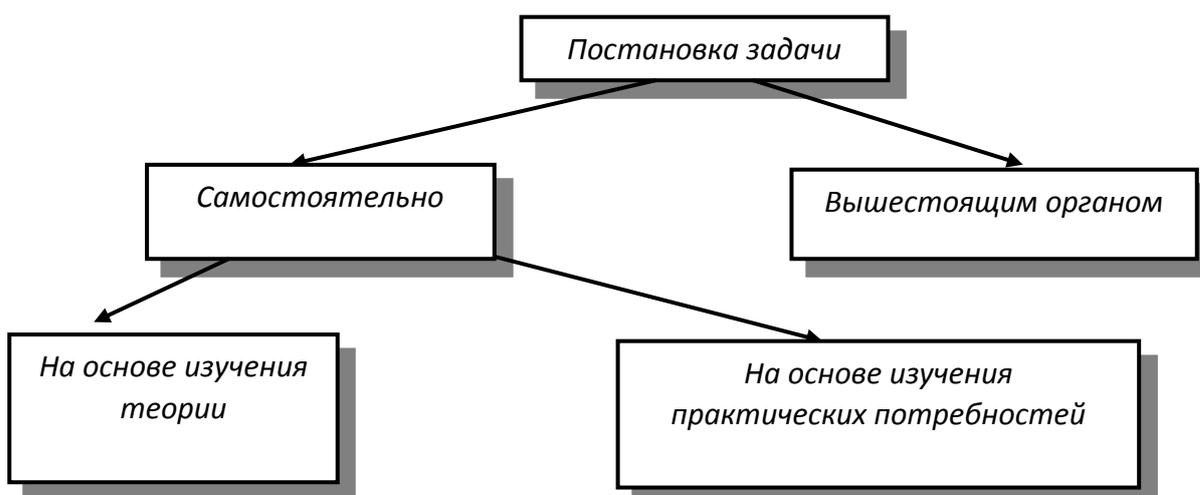


Рисунок 3 – Постановка задачи

Во-первых, проводится библиографический анализ. Исследуется все доступное окружение с целью поиска новых идей, теорий, методов, материалов и устройств, а затем предлагаем способы использования их в нашей практической деятельности.

Во-вторых, изучаются практические потребности и на основе выводов формулируется постановка задачи.

В-третьих, ждем конкретных указаний на разработку новых методов применения техники, технологии производства. Или просто ждем, пока поступят приказы, придут изменения к существующим наставлениям, руководствам.

Если ждать сформулированной постановки задачи от руководителя, то из-за нехватки времени разумное планирование зачастую затруднено. Единственным выходом из положения может оказаться выполнение задачи любой ценой, что приводит к удорожанию этого метода по сравнению с другими.

В кабинетах многих руководителей висят плакаты со словами Анри Файоля: "Управлять – значит прогнозировать и планировать, организовывать, руководить командой, координировать и контролировать". В этих словах одного из основоположников научного менеджмента сформулированы основные функции управления. И каждая из названных функций включает этап принятия решений.

Следует отметить, что иногда прогноз основан на хорошо изученных закономерностях и осуществляется наверняка (так не вызывает сомнения факт, что вслед за ночью наступит день). Например, методы прогнозирования движения космических аппаратов разработаны настолько глубоко, что возможна автоматическая стыковка кораблей. Однако, чаще всего возникающие перед лицом, принимающим решение, проблемы прогнозирования не позволяют дать однозначный обоснованный прогноз. Возникает вопрос, почему же остается неопределенность, а ведь там, где неопределенность, там неизменно риск.

Приведем некоторый перечень различных видов неопределенностей (полный сформировать достаточно проблематично).

I. Часть связана с недостаточностью знаний о природных явлениях и процессах, например:

- нам неизвестен точный объем полезных ископаемых в конкретном месторождении, а потому мы не можем точно предсказать развитие добывающей промышленности и объем налоговых поступлений от ее предприятий,

- неопределенности природных явлений, таких, как погода, влияющая на урожайность, на затраты на отопление, на туризм, на загрузку транспортных путей и др.

- неопределенности, связанные с осуществлением действующих и проектируемых технологических процессов, возможные ошибки разработчиков или физическая невозможность осуществления процесса, которую заранее не удалось предсказать.

II. Многие возникающие неопределенности связаны с ближайшим окружением организации:

- например, связаны с деятельностью участников экономической жизни (прежде всего партнеров и конкурентов нашей организации), в частности, с их деловой активностью, финансовым положением, соблюдением обязательств,

- неопределенности, связанные с социальными и административными факторами в конкретных регионах, в которых наша организация имеет деловые интересы.

III. Большое значение имеют и неопределенности на уровне страны, в частности:

- неопределенность будущей рыночной ситуации в стране, в том числе отсутствие достоверной информации о будущих действиях поставщиков в связи с меняющимися предпочтениями потребителей,

- неопределенности, связанные с колебаниями цен (динамикой инфляции), нормы процента, валютных курсов и других макроэкономических показателей,

- неопределенности, порожденные нестабильностью законодательства и текущей экономической политики (т.е. с деятельностью руководства страны, министерств и ведомств), связанные с политической ситуацией, действиями партий, профсоюзов, экологических и других организаций в масштабе страны.

Обычно выделяют восемь этапов в процессе планирования, на которых возникают ошибки вызывающие неопределенности.

*Этап 1. Целеполагание (формулировка целей).* Чего именно вы (или ваша организация) хотите достичь. Это – самый трудный этап. Его нельзя формализовать. Квалификация ЛПР проявляется именно в том, какие цели он ставит.

*Этап 2. Подбор, анализ и оценка способов достижения поставленных целей.* Всегда можно действовать разными способами. Следует определить, какой из способов является лучшим, какие можно сразу отбросить как заведомо плохие.

*Этап 3. Составление перечня необходимых действий.* Выявляется, что конкретно нужно сделать, чтобы осуществить выбранный на предыдущем этапе вариант достижения поставленных целей.

*Этап 4. Составление программы работ (плана мероприятий).* Выбирается порядок, в котором лучше всего выполнять намеченные на предыдущем этапе действия, учитывая, что многие из них связаны между собой.

*Этап 5. Анализ ресурсов.* Определение материальных, финансовых, информационных, кадровых ресурсов, которые понадобятся для реализации плана. Проведение расчета времени, т.е. сколько времени уйдет на выполнение плана.

*Этап 6. Анализ разработанного варианта плана.* На данном этапе следует найти ответы на вопросы: решает ли разработанный план поставленные на этапе 1 задачи, являются ли затраты ресурсов приемлемыми. На основании анализа следует подготовить соображения по улучшению плана, возникшие в ходе его разработки при движении от этапа 2 к этапу 5, определить, целесообразно ли, вернуться к этапу 2 или 3, или даже к этапу 1.

*Этап 7. Подготовка детального плана действий.* Необходимо детализировать разработанный на предыдущих этапах план, выбрать согласованные между собой сроки выполнения отдельных работ, рассчитать необходимые ресурсы, назначить ответственных за отдельные участки работы.

*Этап 8. Контроль за выполнением плана, внесение необходимых изменений в случае необходимости.* Контроль как функция управления более подробно будет рассмотрена далее.

Результаты планирования часто оформляют в виде специального управленческого документа, например, бизнес-плана.

Подберем математический инструментарий предварительного формулирования проблемы на основе изучения практических потребностей.

Исходные статистические данные для анализа и последующей постановки задачи удобно представлять в виде матрицы:

$$(u.c.d.) = \begin{pmatrix} x_{ж}^{(1)}(t) & x_{ж}^{(2)}(t) & \dots & x_{ж}^{(p)}(t) \\ x_{о}^{(1)}(t) & x_{о}^{(1)}(t) & \dots & x_{о}^{(1)}(t) \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $x_{ж}^{(j)}(t)$  – значение  $j$ -го анализируемого признака, характеризующего желаемое лицом, принимающим решение (ЛПР) состояние объекта в момент времени  $t_k$ ;

$x_{о}^{(j)}(t)$  – значение  $j$ -го анализируемого признака, характеризующего состояние объекта в момент времени  $t_k$ , причем на объекте регистрируются значения  $p$  характеризующих его признаков в  $N$ -последовательные моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$ .

Очевидно, что запись (1) в действительности определяет целую последовательность, а именно  $N$  матриц. Можно также сказать, что данные вида (1) содержат  $n$  реализаций  $p$ -мерного временного ряда  $x_{ж}^{(1)}(t), x_{ж}^{(2)}(t), \dots, x_{ж}^{(p)}(t)$  и  $n$  реализаций  $p$ -мерного временного ряда  $x_o^{(1)}(t), x_o^{(1)}(t), \dots, x_o^{(1)}(t)$ .

Если мы располагаем так называемыми одномоментными наблюдениями, то это соответствует случаю  $N=1$  в общей записи (1) и исходные статистические данные приобретают вид:

$$(u.c.d.) = \begin{pmatrix} x_{ж}^{(1)} & x_{ж}^{(2)} & \dots & x_{ж}^{(p)} \\ x_o^{(1)} & x_o^{(1)} & \dots & x_o^{(1)} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

если  $p = 1$ , то речь идет о временных рядах  $x_{ж}^{(1)}(t)$  и  $x_o^{(1)}(t)$ .

Заметим, что для практики наиболее типична ситуация, когда моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$  в которые производится регистрация значений анализируемых признаков, являются равноотстоящими, т.е.  $t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \dots = t_N - t_{N-1} = \Delta t$ . В этом случае время удобнее считать и обозначать в числе «тактов»  $\Delta t$ . Соответственно тогда вместо  $t_1, t_2, \dots, t_n$  удобнее записывать  $t = 1, 2, \dots, N$ .

Предлагается для предварительного формулирования проблемы на основе изучения практических потребностей использовать понятие однородности или меру близости.

В общем случае, понятие однородности состояния объектов задается либо введением правила вычисления расстояний  $\rho(x_i, x_j)$  между любыми парами исследуемых состояний объектов, либо заданием некоторой функции  $r(x_i, x_j)$  характеризующий степень близости  $i$ -го и  $j$ -го состояний объектов. Если задана функция  $\rho(x_i, x_j)$ , то близкие с точки зрения этой метрики состояния объектов считаются однородными, принадлежащими к одному классу. Очевидно, что необходимо при этом сопоставлять  $\rho(x_i, x_j)$  с некоторыми пороговыми (желаемыми) значениями  $\rho_{жс}(x_i, x_j)$  определяемыми в каждом конкретном случае по-своему. В случае если  $\rho(x_i, x_j) \geq \rho_{жс}(x_i, x_j)$ , то

налицо проблема и требуется формулировать постановку задачи на разработку операции.

Аналогично используется и мера близости  $r(x_i, x_j)$ , при задании которой мы должны помнить о необходимости выполнения следующих условий симметрии  $r(x_i, x_j) = r(x_j, x_i)$  и монотонного убывания  $r(x_i, x_j)$  по мере увеличения  $\rho(x_i, x_j)$ , т.е. из  $\rho(x_k, x_l) \geq \rho(x_i, x_j)$  должно следовать неравенство  $r(x_k, x_l) \leq r(x_i, x_j)$ .

Выбор метрики или меры близости является узловым моментом исследования. В каждом, конкретном случае, этот выбор должен производиться по-своему, в зависимости от целей исследования, физической и статистической природы наблюдений  $X$ , априорных сведений о характере вероятности распределения  $X$ .

Для многих задач принятия решений (особенно в технических системах) в качестве метрики целесообразно использовать Евклидово расстояние:

$$\rho(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^k \varpi_l (x_{il} - x_{jl})^2}, \quad (3)$$

где  $x_{il}, x_{jl}$  – величина  $l$ -ой компоненты у  $i$ -го ( $j$ -го) состояния объекта.

Естественное, с геометрической точки зрения, евклидово пространство может оказаться бессмысленным (с точки зрения содержательной интерпретации), если признаки измерены в разных единицах. Чтобы исправить положение, прибегают к нормированию каждого признака путем деления центрированной величины на среднее квадратическое отклонение и переходят от матрицы  $X$ , к нормированной матрице с элементами:

$$t_{il} = \frac{x_{il} - \bar{x}_l}{S_l}, \quad (4)$$

где  $x_{il}$  – значение  $l$ -го признака у  $i$ -го объекта;

$\bar{x}_l$  – среднее значение  $l$ -го признака;

$$S_l = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{il}, \bar{x}_l)^2} - \text{среднее квадратическое отклонение } l\text{-го признака.}$$

В тех случаях, когда каждой компоненте  $x_i$  вектора наблюдений  $X$  удастся приписать некоторый  $\varpi_l$  «вес», пропорционально степени важности признака (обычно принимают  $0 < \varpi_l < 1$ ), где  $l = 1, 2, \dots, k$  – полезно применять «взвешенное» Евклидово пространство:

$$\rho_{BE}(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^k \varpi_l (x_{il}, x_{jl})^2}. \quad (5)$$

Классификация постановок задач в зависимости от наличия информации о множестве альтернатив решения  $S$  и множестве критериев эффективности  $F$  приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация постановок задач

$\langle S, F \rangle$	Общая задача принятия решения	Задача выбора	Общая задача оптимизации
$S$ – альтернативы решения	0	1	1
$F$ – критерий эффективности	0	0	1

Отметим, что в зависимости от степени детализации требований и условий постановка задачи может быть «широкой» и «узкой», естественно, число возможных решений возрастает вместе с общностью и широтой формулировки проблемы и убывает с ростом ограничения и запретов в ней.

### Тестовые вопросы по формулировке постановок задач

1 Формулировка желаемых результатов предстоящей операции и условий, в которых их необходимо достигнуть, представляет собой:

- а) постановку задачи;

- б) коэффициент конкордации;
- в) коэффициент парной корреляции;
- г) актуарные расчеты;
- д) расчетный баланс.

2 В настоящее время известны три способа возникновения задач.

Укажите один из них:

- а) на основе расчета в операциях с ценными бумагами;
- б) на основе изучения теории;
- в) на основе расходов на содержание аппарата управления;
- г) на основе расчета коэффициента обновления основных фондов;
- д) на основе расчета коэффициента технической вооруженности труда.

3 В настоящее время известны три способа возникновения задач.

Укажите один из них:

- а) на основе использования коэффициента трудового участия;
- б) на основе применения геодезической линии;
- в) на основе изучения практических потребностей;
- г) на основе коррекции систем автоматического управления;
- д) на основе изучения распоряжений в менеджменте.

4 В настоящее время известны три способа возникновения задач.

Укажите один из них:

- а) на основе кредитных планов;
- б) на основе критерия асимметрии и эксцесса;
- в) на основе распределения процентов по облигациям;
- г) на основе конкретных указаний вышестоящего менеджера;
- д) на основе разработки стратегии маркетинга.

5 Самым дорогостоящим методом выявления постановок задач является:

- а) метод Вилкоксона;
- б) статистический метод;
- в) метод раздела имущества;
- г) метод равновесной цены;
- д) метод ожидания.

6 Постановка общей задачи принятия решений не должна содержать:

- а) ни вариантов решения, ни критериев качества;
- б) ни критериев знаков, ни критерия Пирсона;
- в) ни критерия Фишера, ни критической даты;
- г) ни прямых размещений, ни маркетинга;
- д) ни процентных ставок, ни протекционизма.

7 Постановка задачи выбора должна содержать:

- а) проспект эмиссии ценных бумаг;
- б) варианты решения задачи;
- в) оценку производственного потенциала;
- г) лаги, распределенные по времени;
- д) лактационный период.

8 Постановка общей задачи оптимизации должна содержать:

- а) ликвидационную стоимость;
- б) локальную вычислительную сеть;
- в) варианты решения и критерии качества;
- г) проектно-сметную документацию;
- д) программно-целевое планирование и управление.

## Формулировка постановок задач на основе изучения практических потребностей

### Примеры формулировок постановок задач и решения

#### Задача 1

Динамика урожайности картофеля в хозяйстве приведена в таблице 3. Сделать прогноз на 2 года вперед. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче 1

Показатель	Год											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Урожайность, ц с 1 га	154	150	173	151	182	181	195	191	182	216	177	

#### Решение

Отообразим графически динамику урожайности картофеля в хозяйстве (рисунок 4).

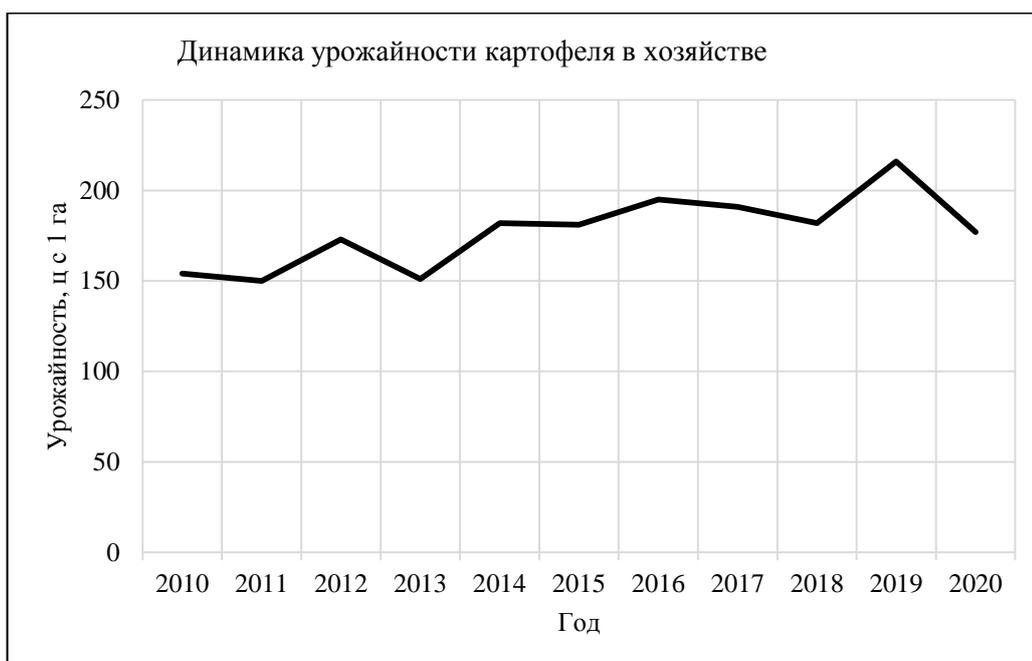
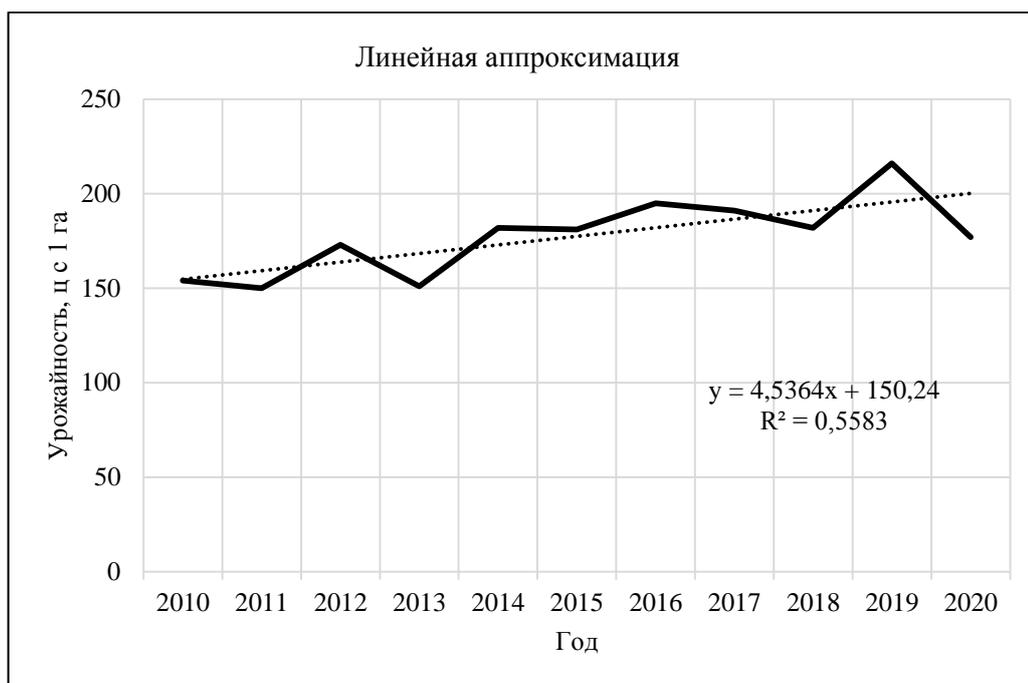


Рисунок 4 – Динамика урожайности картофеля в хозяйстве

Вывод: Урожайность содержит детерминированную и случайную составляющую.

Построим линию тренда и подберем наилучшую аппроксимацию (рисунок 5).



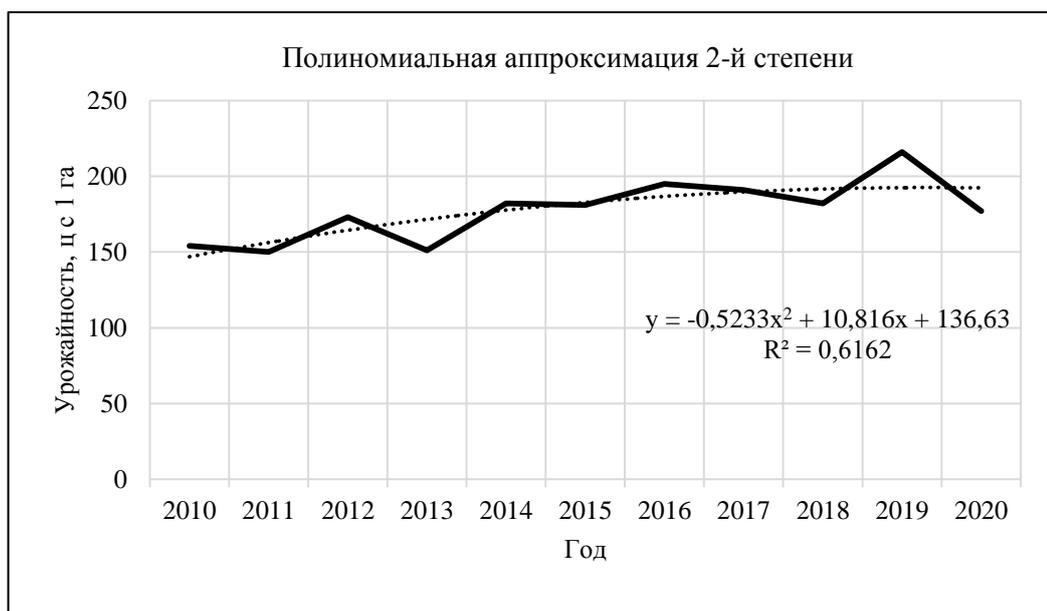
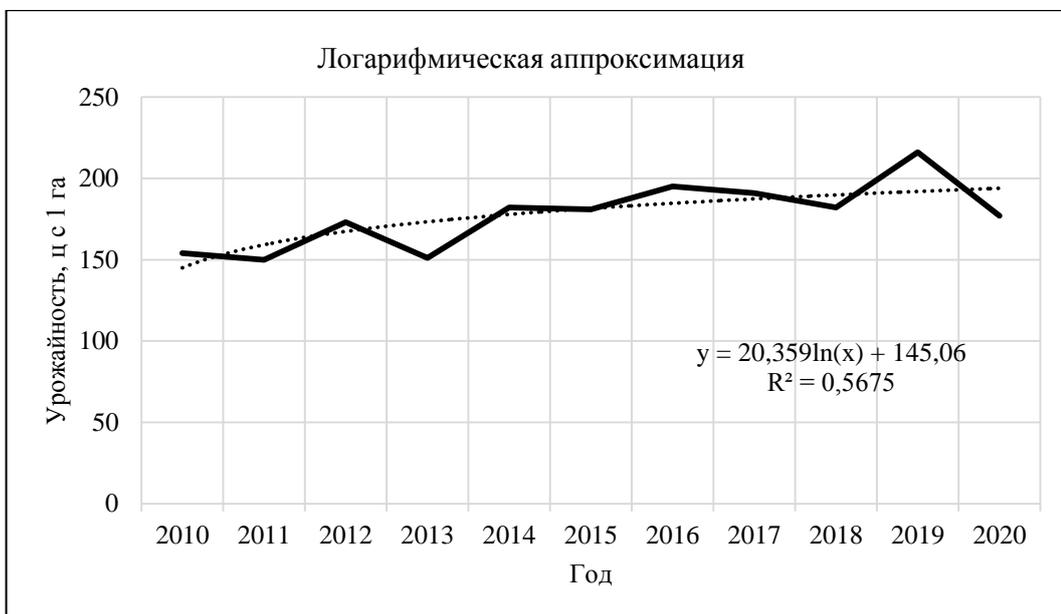
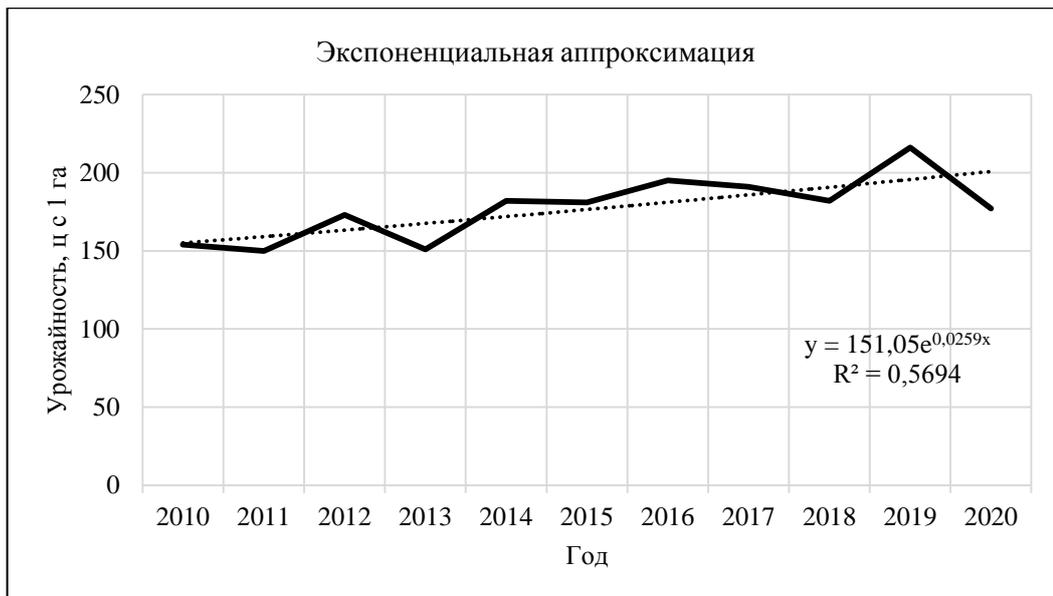


Рисунок 5 – Выбор наилучшей аппроксимации для задачи 1

Проведем обработку случайной составляющей (таблица 4): рассчитаем значения трендовой составляющей, определим значения случайной составляющей и среднее квадратическое отклонение определим значения случайной составляющей и среднее квадратическое отклонение.

Таблица 4– Обработка случайной составляющей

Машинное время	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Трендовая составляющая	146,9	156,0	164,0	171,5	177,6	183,0	187,0	190,0	192,0	192,0	192,0	191,1	188,8
Случайная составляющая	7,1	-6,2	8,6	-20,5	4,4	-1,7	8,3	1,3	-9,6	23,5	-15,0	■	■
Математическое ожидание	0,000345455												
Среднее квадратическое отклонение	12,47443633												

Используя правило трех сигм рассчитаем прогноз урожайности картофеля предприятия на два года (таблица 5).

Таблица 5 – Прогноз урожайности картофеля

Показатель	Год												
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Пессим. прогноз. (Ряд 1)	146,9	156,0	164,0	171,5	177,6	183,0	187,0	190,0	192,0	192,0	192,0	153,6	151,4
Трендовая состав. (Ряд 2)	146,9	156,0	164,0	171,5	177,6	183,0	187,0	190,0	192,0	192,0	192,0	191,1	188,8
Оптим. прогноз. (Ряд 3)	146,9	156,0	164,0	171,5	177,6	183,0	187,0	190,0	192,0	192,0	192,0	228,5	226,2

Графическое представление прогноза дано на рисунке 6.

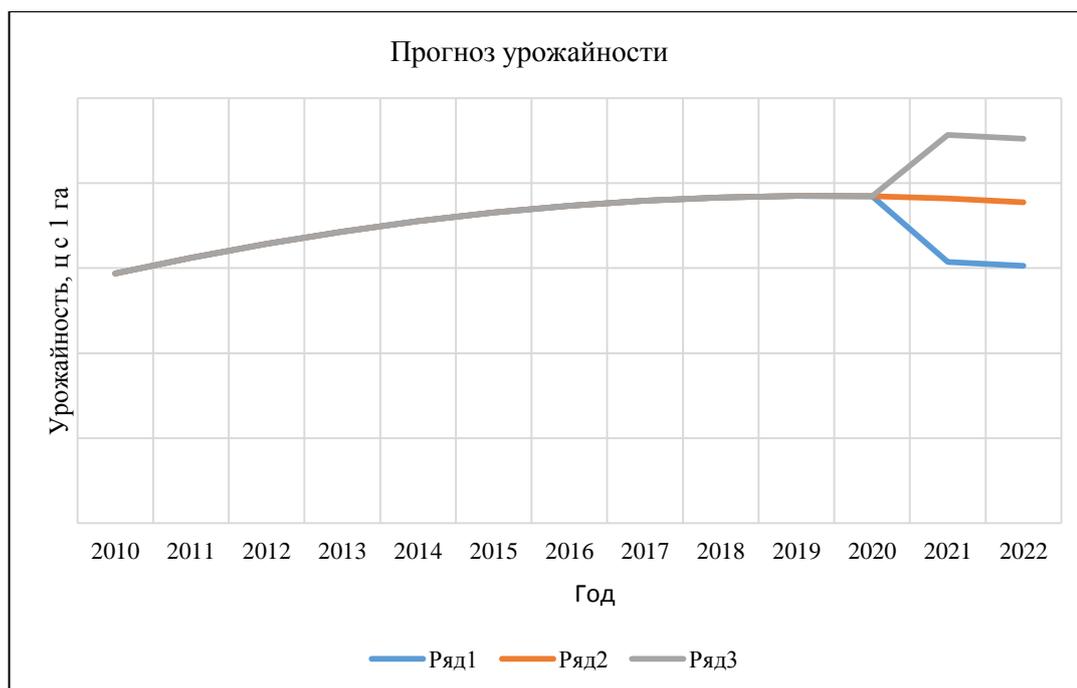


Рисунок 6 – Прогноз урожайности картофеля в хозяйстве

Из уравнения (рисунок 5)  $y = -0,5233x^2 + 10,816x + 136,63$  найдем производную первого порядка:  $y' = -1,066x + 10,816$ . Следовательно, машинное время равно  $\frac{10,816}{1,066} = 10,334$  (машинное время = соответствует 2019 г.)

Таким образом, максимальная урожайность картофеля в хозяйстве наблюдалась в 2019 году. С 2019 года произошли изменения, которые привели к снижению прибыли.

Постановка задачи: выяснить причины, которые привели к снижению прибыли.

### Задача 2

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 6. Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 6 – Динамика прибыли предприятия

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	17,7	23,4	26,7	32	20,6	28,3	28,4	33,4	23,8	31,8	33,1	35

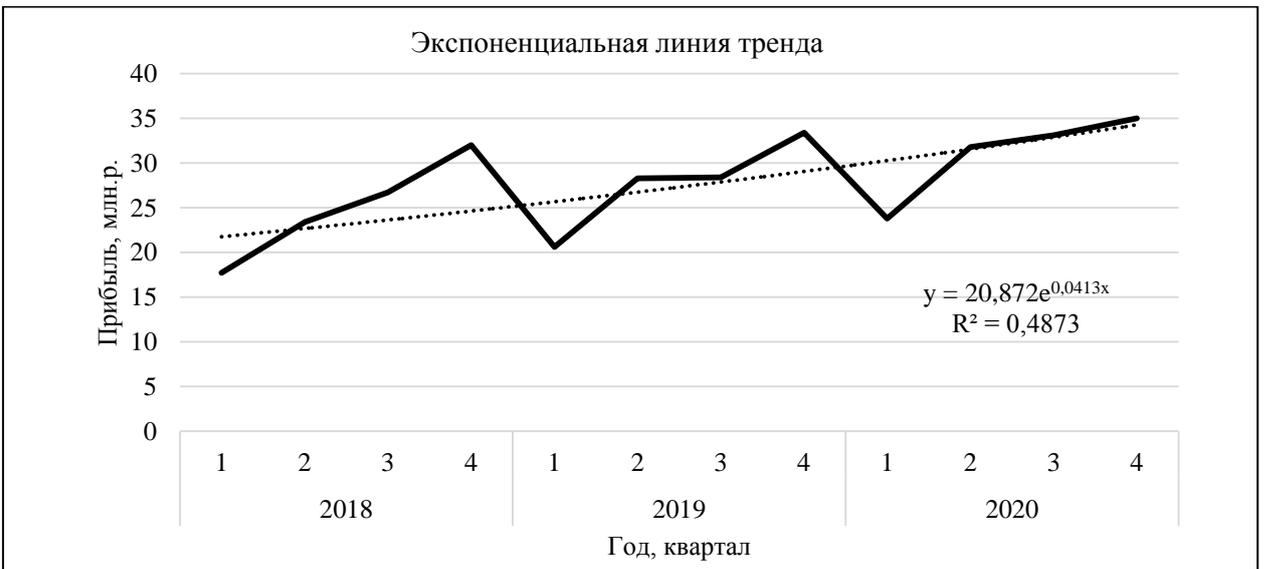
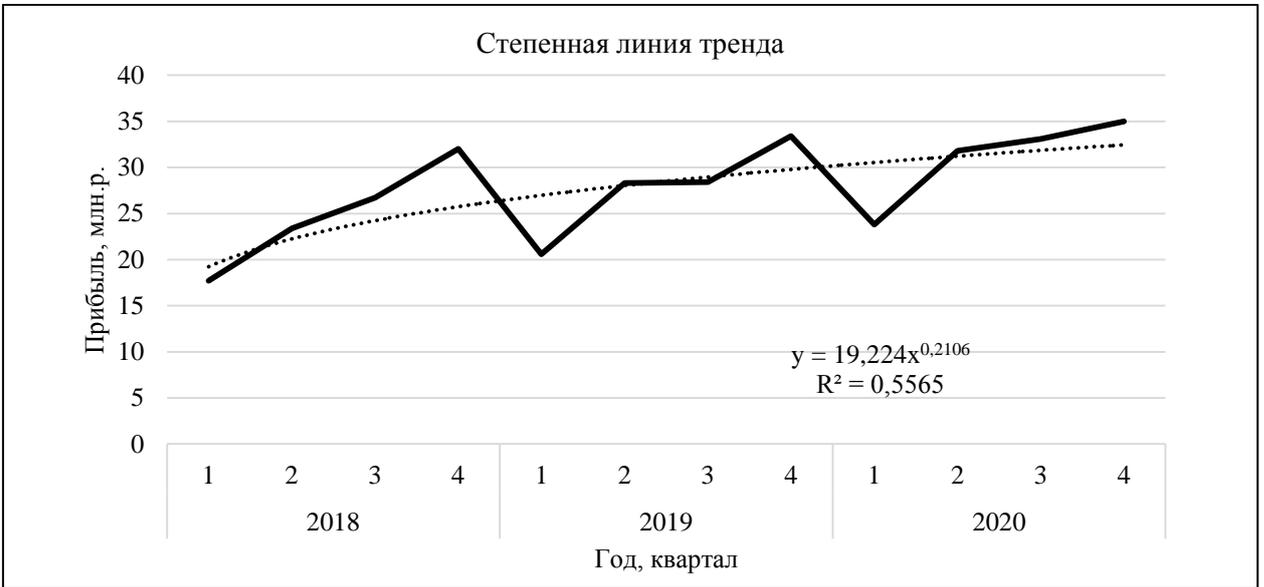
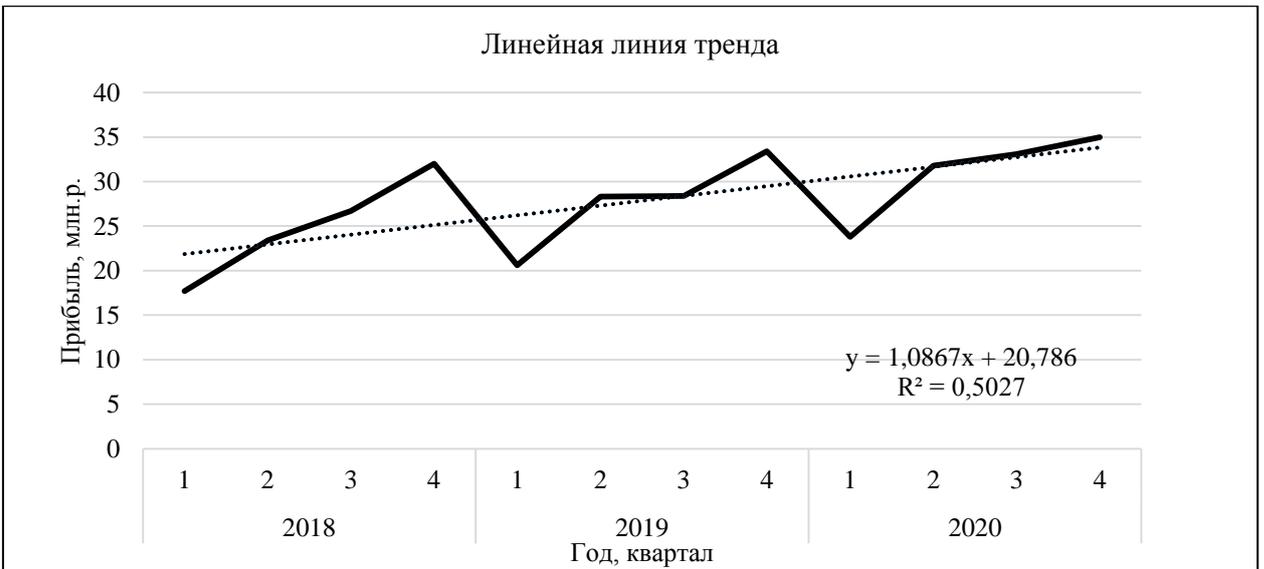
*Решение*

С целью определения последовательности решения задачи построим разведочный график (рисунок 7).



Рисунок 7 – Разведочный график прибыли предприятия

Анализ разведочного графика показывает: прибыль предприятия содержит детерминированную, сезонную и случайную составляющие. Рассмотрим выявленные составляющие. Для этого необходимо определить детерминированную составляющую прибыли предприятия. Построим линию тренда и подберем наилучшую аппроксимацию (рисунок 8).



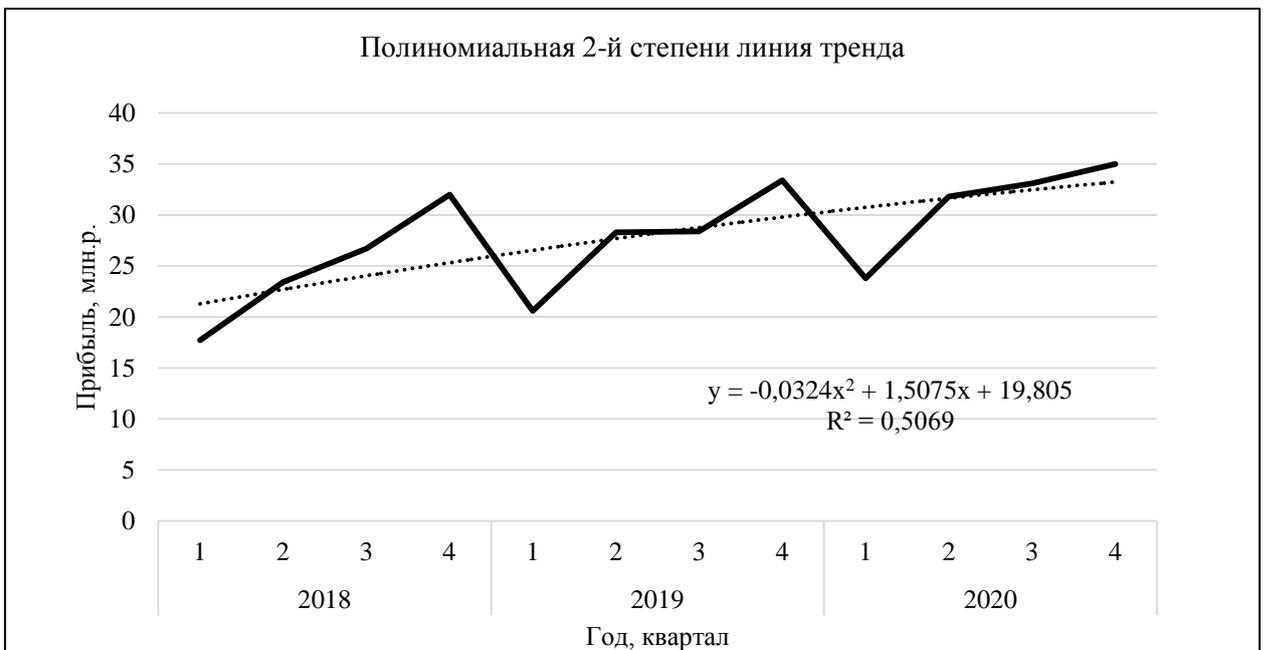
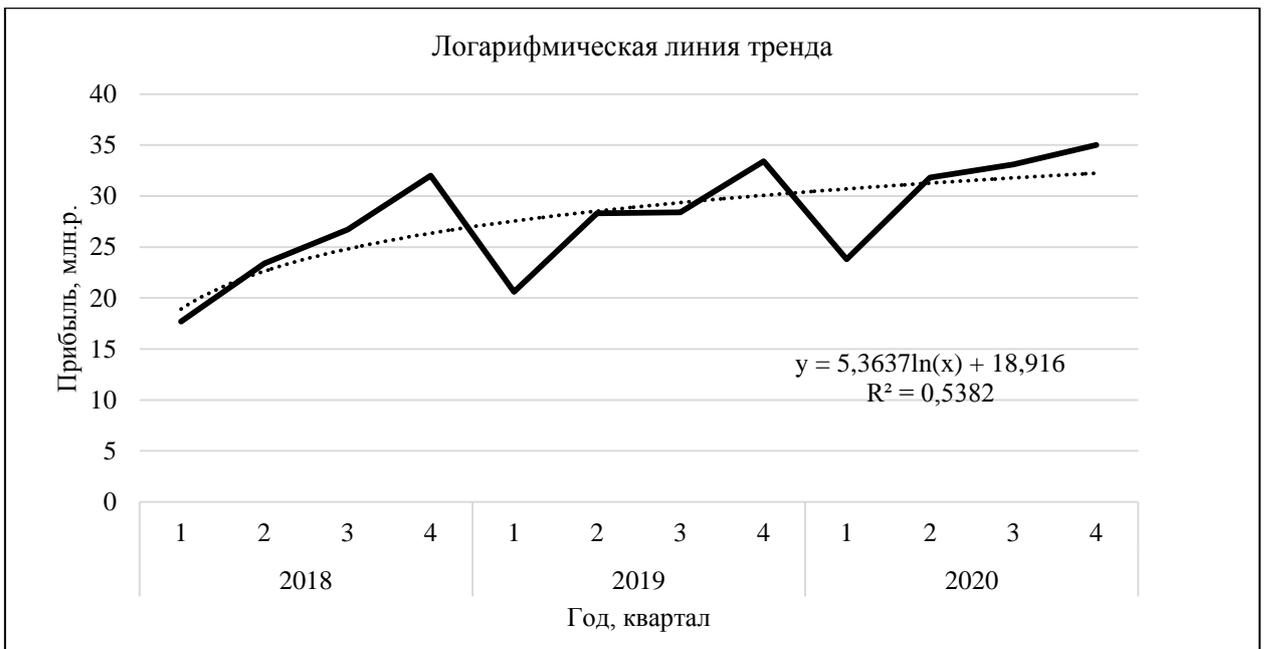


Рисунок 8 – Выбор наилучшей аппроксимации для задачи 2

Среди рассчитанных линий тренда лучшими сглаживающими свойствами обладает степенная аппроксимация. Об этом свидетельствует наибольший коэффициент детерминации равный 0,5565. Для дальнейшей работы будем использовать степенную линию тренда.

Проведем обработку случайной составляющей (таблица 7).

Таблица 7 – Обработка случайной составляющей для задачи 2

Год	Квартал	Маш.вр.	Дет.сост.	Приращ.
2018	1	1	19,22	3,02
	2	2	22,25	1,98
	3	3	24,23	1,51
	4	4	25,74	1,24
2019	1	5	26,98	1,06
	2	6	28,04	0,93
	3	7	28,96	0,83
	4	8	29,79	0,75
2020	1	9	30,54	0,69
	2	10	31,22	0,63
	3	11	31,85	0,59
	4	12	32,44	0,55
2021	1	13	32,99	0,52
	2	14	33,51	0,49
	3	15	34,00	0,47
	4	16	34,47	0,45

Графическое представление (рисунок 9).

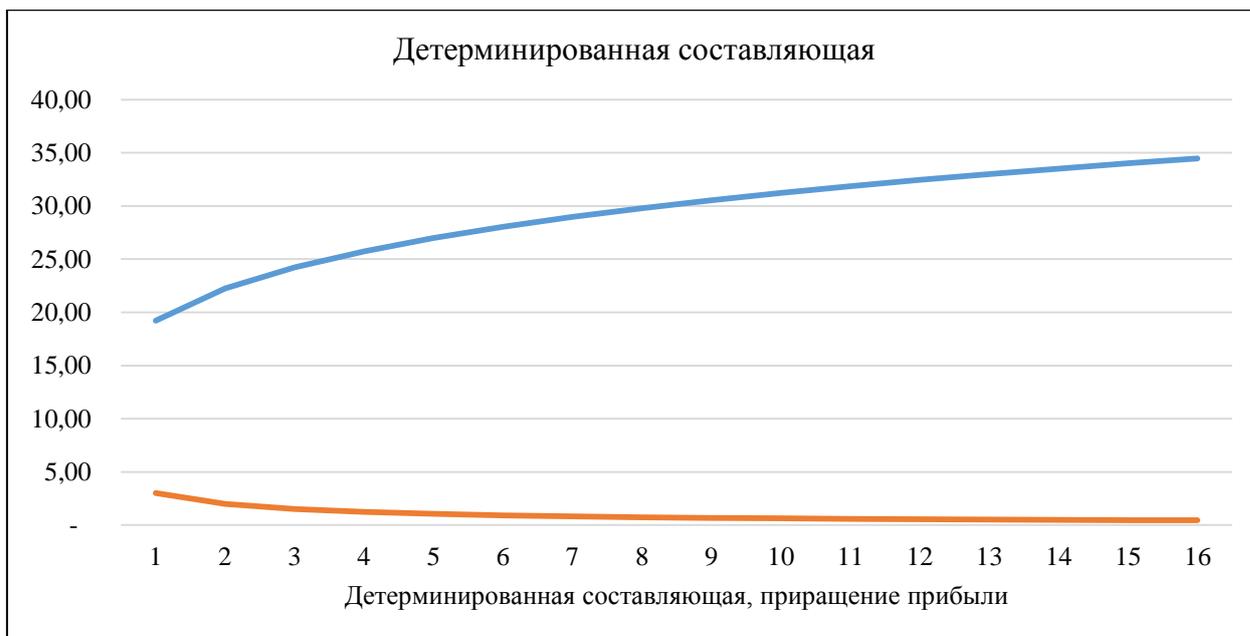


Рисунок 9 – График детерминированной составляющей

Детерминированная составляющая прибыли постоянно увеличивается. Однако, приращение прибыли постоянно уменьшается. Построим график сезонной составляющей (рисунок 10), для этого рассмотрим таблицу 8.

Таблица 8 – Данные расчета сезонной составляющей

Год	Квартал	Прибыль, млн.р.	Коэф.кол.	Уср.коэф.	Сез.сост.
1	2	3	4	5	6
2018	1	17,7	0,92	0,82	15,79
	2	23,4	1,05	1,03	22,84
	3	26,7	1,10	1,04	25,21
	4	32,0	1,24	1,15	29,54
2019	1	20,6	0,76		22,16
	2	28,3	1,01		28,78
	3	28,4	0,98		30,14
	4	33,4	1,12		34,19

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
2020	1	23,8	0,78		25,08
	2	31,8	1,02		32,05
	3	33,1	1,04		33,15
	4	35,0	1,08		37,24
2021	1				27,10
	2				34,41
	3				35,38
	4				39,56



Рисунок 10 – График сезонной составляющей

Данный график показывает нам, что прибыль в каждом квартале возрастает, амплитуда колебаний не изменяется и период колебаний одинаковый.

Расчитаем значения случайной составляющей и ее числовые характеристики: математическое ожидание (среднее значение), среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение) (таблица 9).

Таблица 9 – Расчет значений случайной составляющей

Год	2018				2019				2020			
Квартал	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Случ. сос.	1,91	0,56	1,49	2,46	-1,56	-0,48	-1,74	-0,79	-1,28	-0,25	-0,05	-2,24
Мат. ожид.	-0,16											
Станд. откл.	1,5											

Расчитываем прогноз прибыли (таблица 10).

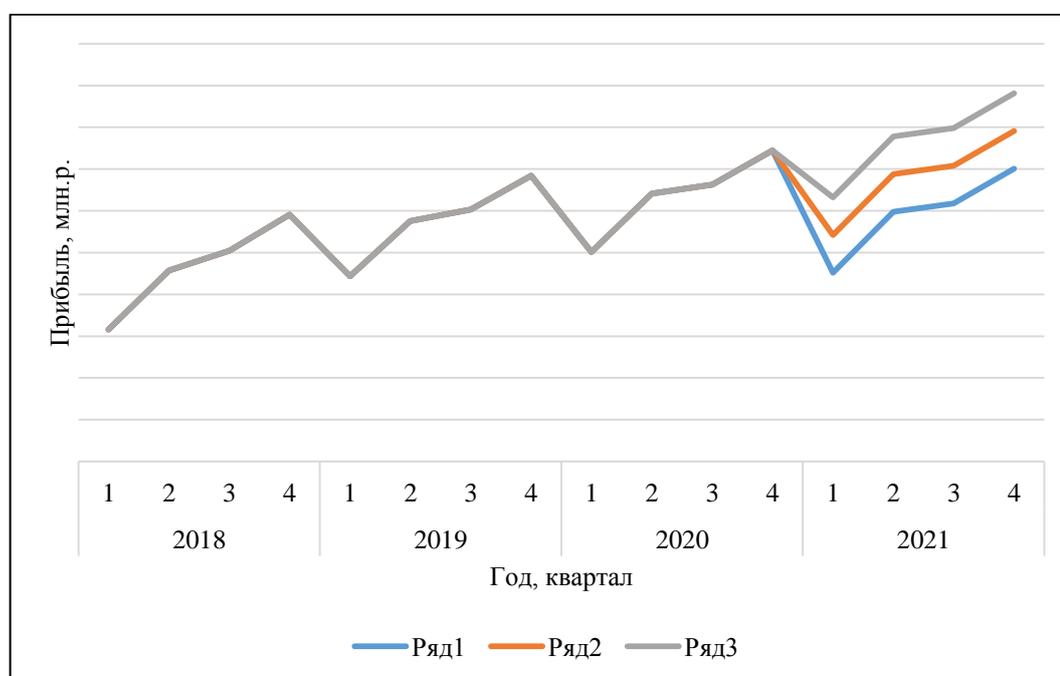
Таблица 10 – Данные расчета прибыли

Год	Квартал	Пес.прог.	Дет.прог.	Опт.прог.
1	2	3	4	5
2018	1	15,79	15,79	15,79
	2	22,84	22,84	22,84
	3	25,21	25,21	25,21
	4	29,54	29,54	29,54
2019	1	22,16	22,16	22,16
	2	28,78	28,78	28,78
	3	30,14	30,14	30,14
	4	34,19	34,19	34,19
2020	1	25,08	25,08	25,08
	2	32,05	32,05	32,05
	3	33,15	33,15	33,15
	4	37,24	37,24	37,24

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
2021	1	22,58	27,10	31,61
	2	29,89	34,41	38,92
	3	30,87	35,38	39,40
	4	35,05	39,56	44,07

Графическое представление прогноза прибыли представлено на рисунке 11.



Ряд 1 – Пессимистический прогноз

Ряд 2 – Детерминированный прогноз

Ряд 3 – Оптимистический прогноз

Рисунок 11 – Прогноз прибыли

На графике мы наблюдаем рост прибыли каждый год. Рост происходит с одинаковой амплитудой и периодом. Максимальная прибыль приходится на прогнозный 2021 год и составляет 39,56 млн.руб. Однако, прирост

прибыли постоянно уменьшается и принимает минимальное значение в прогнозном 2021 году 0,45 млн.руб.

### *Задача 3*

Динамика урожайности картофеля на сельскохозяйственном предприятии приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные

Годы	Урожайность, ц с 1га
2010	153
2011	149
2012	172
2013	150
2014	181
2015	180
2016	194
2017	190
2018	181
2019	215
2020	176

Требуется сделать прогноз урожайности картофеля на 2021-2022 гг. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### *Решение*

Строим график динамики урожайности картофеля на предприятии (разведочный график – рисунок 12).

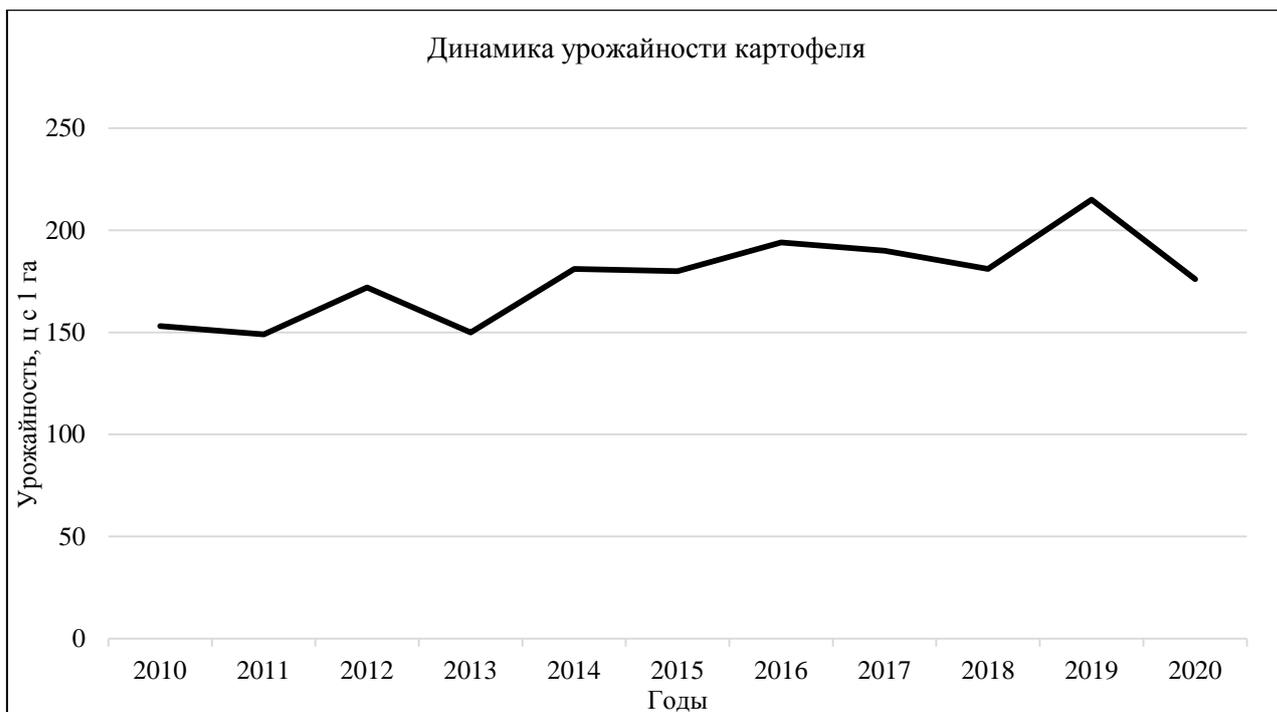
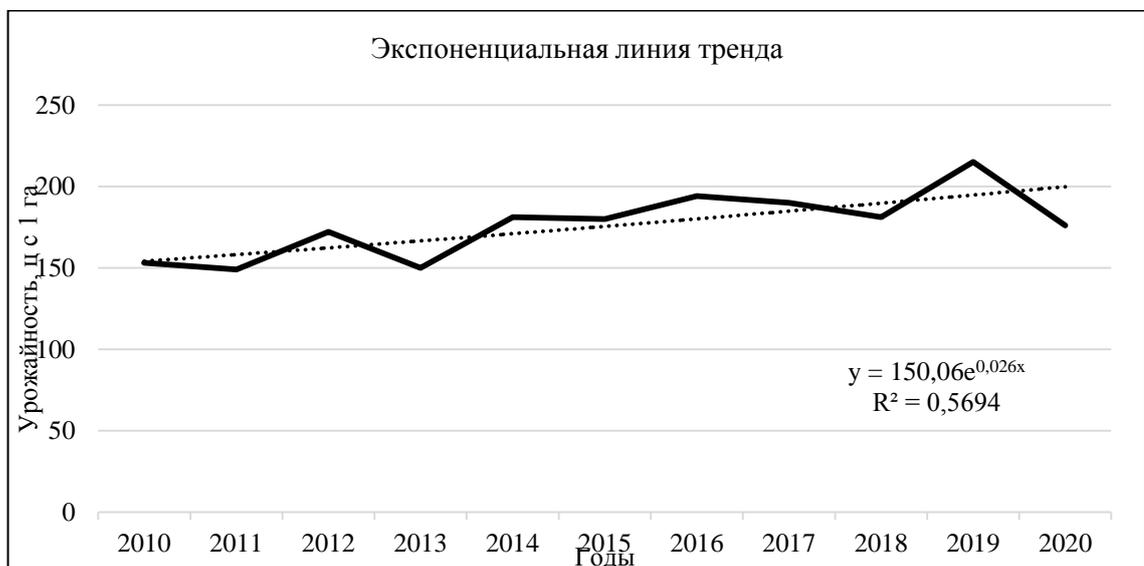
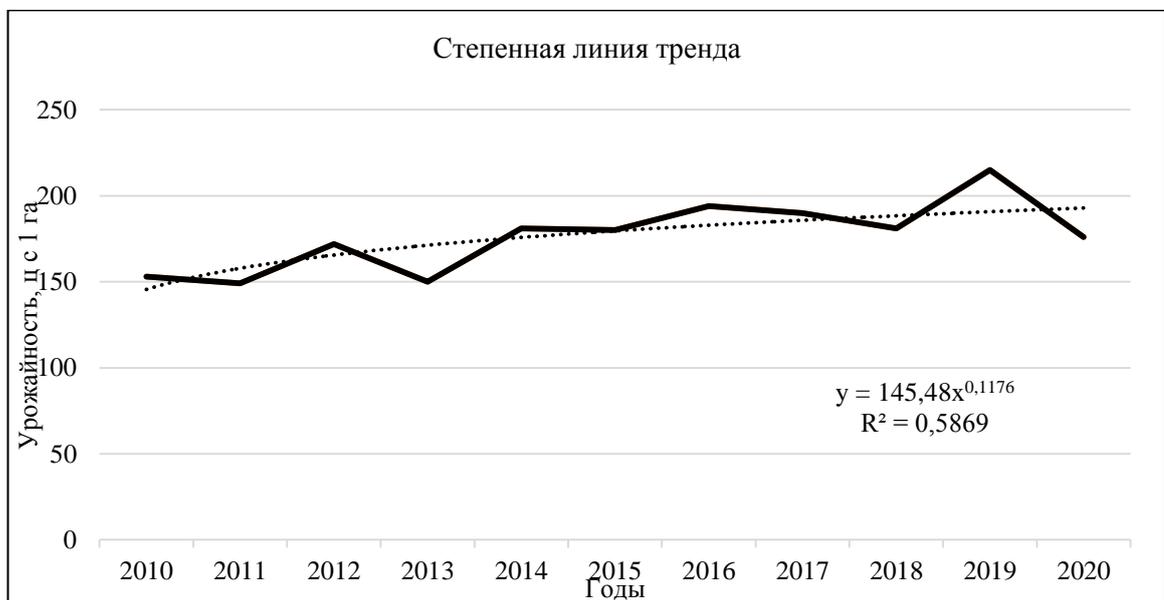
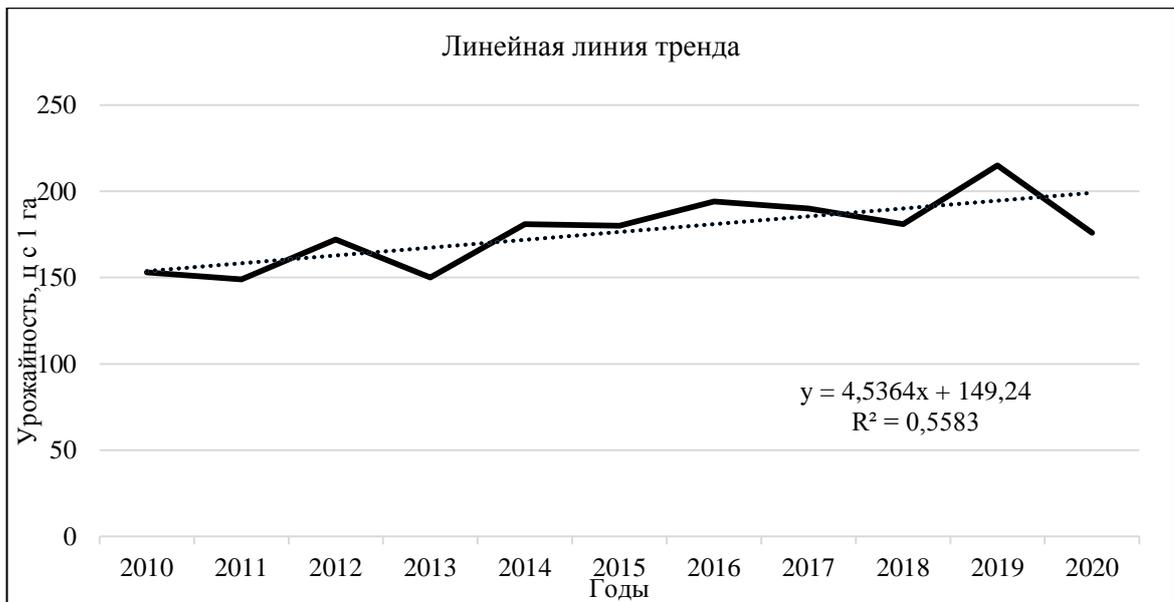


Рисунок 12 – Динамика урожайности картофеля

Из графика можно сделать вывод о наличии детерминированной и случайной составляющей в урожайности картофеля. Во-первых, подберем детерминированную составляющую урожайности. Во-вторых, выделим случайную составляющую. В-третьих, построим прогноз урожайности на два года.

Для определения формы детерминированной составляющей построим различные аппроксимации и выберем лучшую (с наибольшим коэффициентом детерминации), рисунок 13.



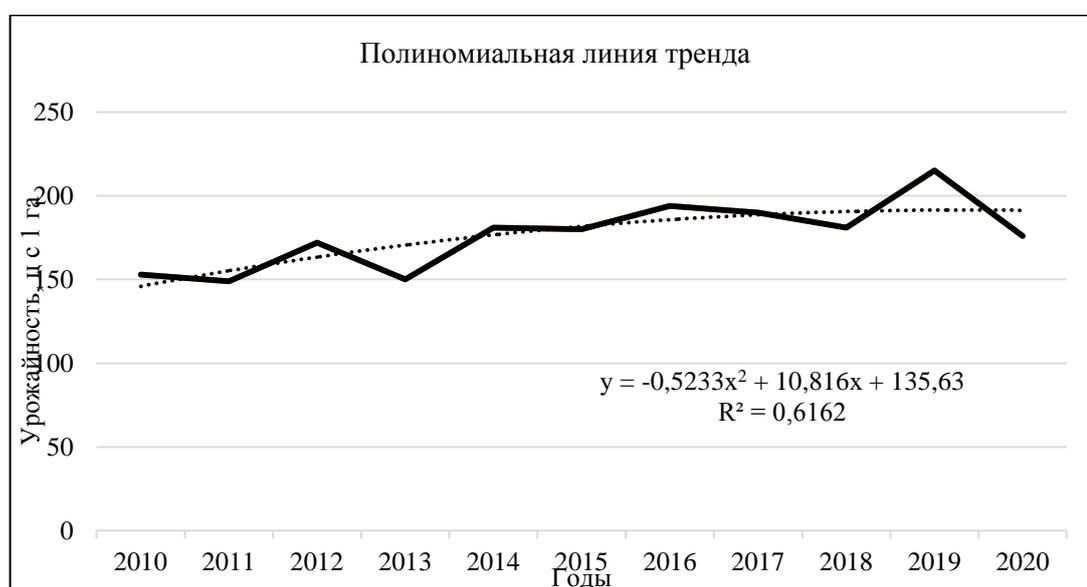
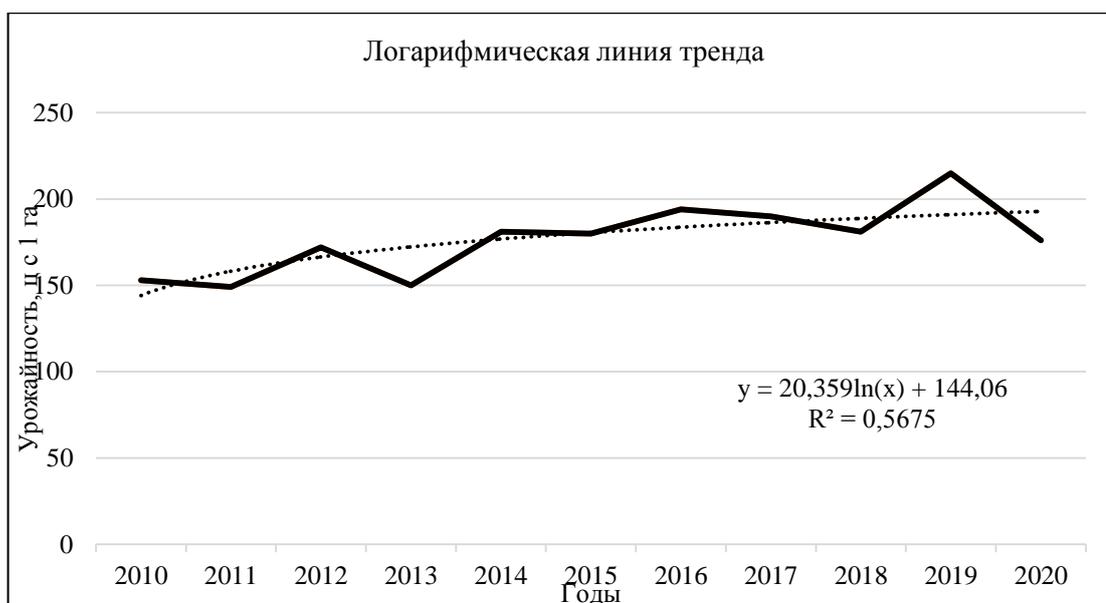


Рисунок 13 – Выбор наилучшей аппроксимации для задачи 3

Рассмотрение линий тренда показывает, что наиболее точно описывает урожай картофеля полиномиальная линия второй степени  $y = -0,52x^2 + 10,81x + 135,63$ . Об этом свидетельствует  $R^2 = 0,616$  (наибольшее значение).

Далее проведем обработку случайной составляющей. Для этого рассчитаем значения детерминированной и случайной составляющей (таблица 12) и рассчитаем прогнозные значения (таблица 13, рисунок 14).

Таблица 12 – Значения детерминированной, случайной составляющей

Машин. время	Детерминиров. сост.	Случайн. составл.	Математ. ожидае.	Средн. кв. откл.
1	145,92	-145,92	0,0003	12,47
2	155,17	-155,17		
3	163,37	-163,37		
4	170,52	-170,52		
5	176,63	-176,63		
6	181,69	-181,69		
7	185,70	-185,70		
8	188,67	-188,67		
9	190,59	-190,59		
10	191,46	-191,46		
11	191,29	-191,29		
12	187,80			
13	184,49			

Таблица 13 – Прогноз урожайности

Год	Пессимистич. прогноз	Детермин. составл.	Оптимист. составл.
1	2	3	4
2010	145,92	145,92	145,92
2011	155,17	155,17	155,17

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
2012	163,37	163,37	163,37
2013	170,52	170,52	170,52
2014	176,63	176,63	176,63
2015	181,69	181,69	181,69
2016	185,70	185,70	185,70
2017	188,67	188,67	188,67
2018	190,59	190,59	190,59
2019	191,46	191,46	191,46
2020	191,29	191,29	191,29
2021	150,39	187,80	225,21
2022	147,08	184,49	221,90

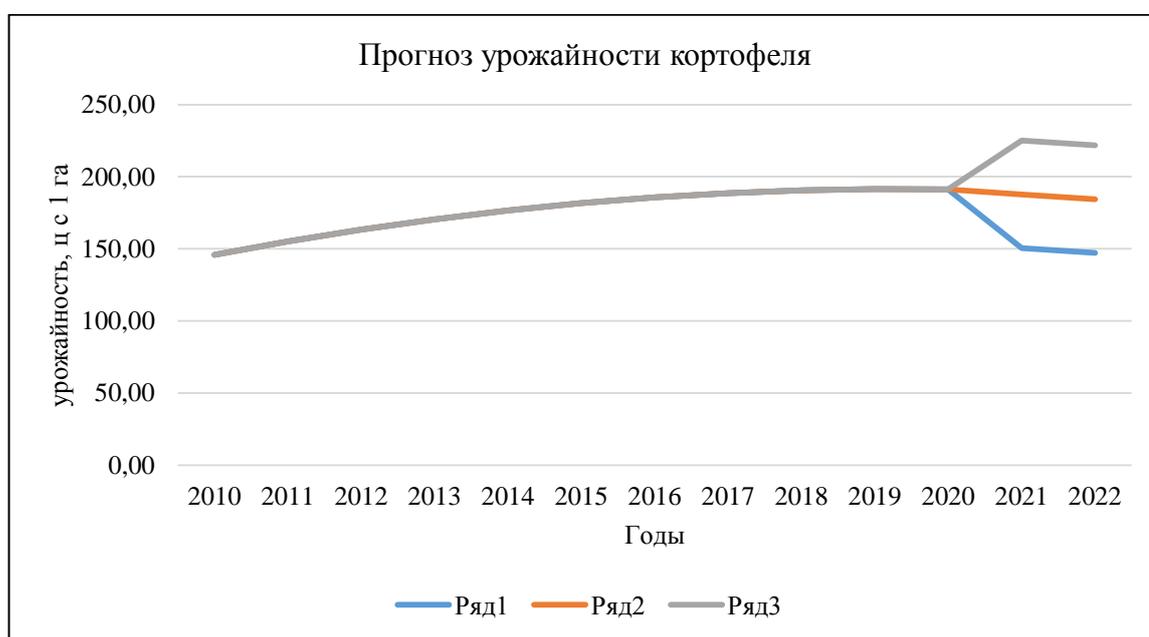


Рисунок 14 – Прогноз урожайности картофеля

Анализ расчетов показывает, что начиная с 2010 года, урожайность картофеля на предприятии увеличивалась вплоть до 2019 года. Затем

урожайность начала снижаться. Постановка задачи – выявить причины снижения урожайности.

#### *Задача 4*

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные для задачи 4

Год	Квартал	Прибыль, млн.р.
2018	1	19,9
	2	25,6
	3	28,9
	4	34,2
2019	1	22,8
	2	30,5
	3	30,6
	4	35,6
2020	1	26,0
	2	31,1
	3	35,3
	4	37,0

Рассчитать прогноз прибыли предприятия на 2021 год.  
Сформулировать постановку задачи для предприятия.

#### *Решение*

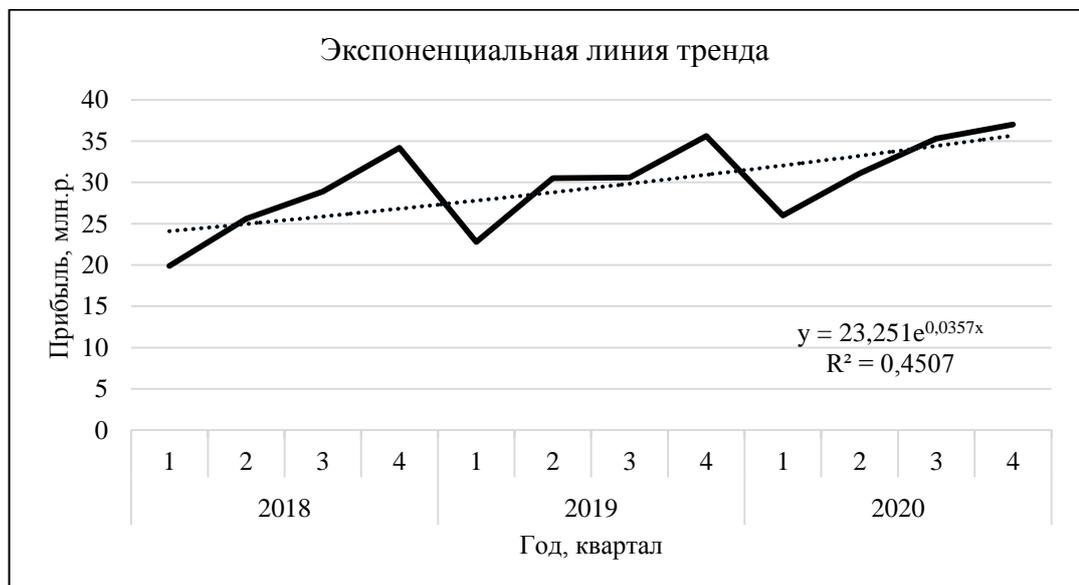
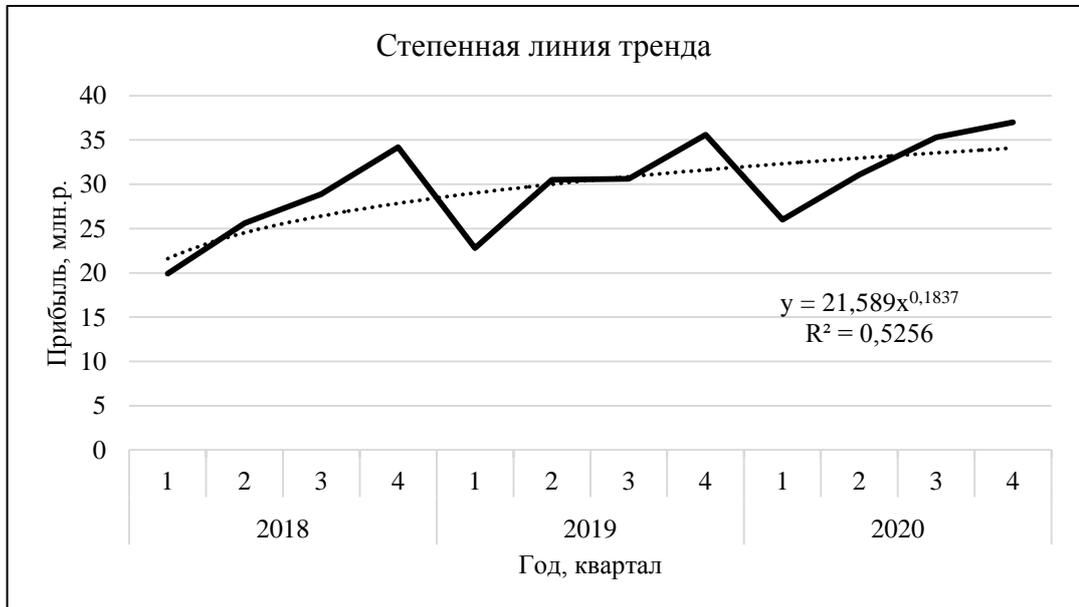
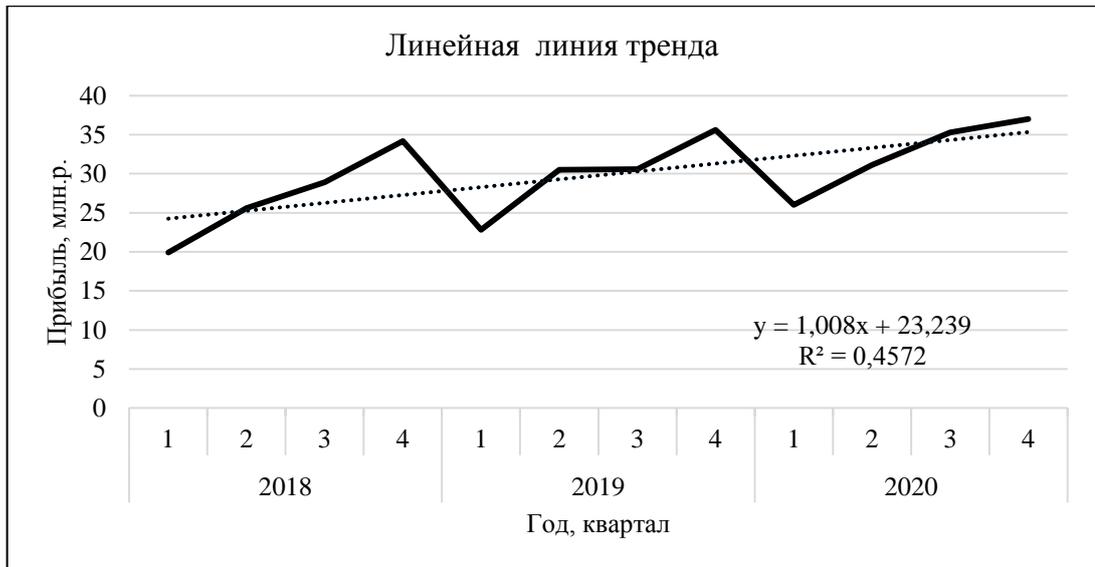
С целью определения последовательности решения задачи построим разведочный график (рисунок 15).



Рисунок 15 – Динамика прибыли предприятия

Из графика можно сделать вывод о наличии детерминированной, сезонной и случайной составляющих в прибыли предприятия. Последовательность решения задачи: во-первых, подберем детерминированную составляющую прибыли; во-вторых выделим сезонную составляющую; в-третьих выделим случайную составляющую; в-четвертых построим прогноз прибыли на один год. Далее сформулируем постановку задачи.

Для выбора детерминированной составляющей прибыли приведем рисунок 16.



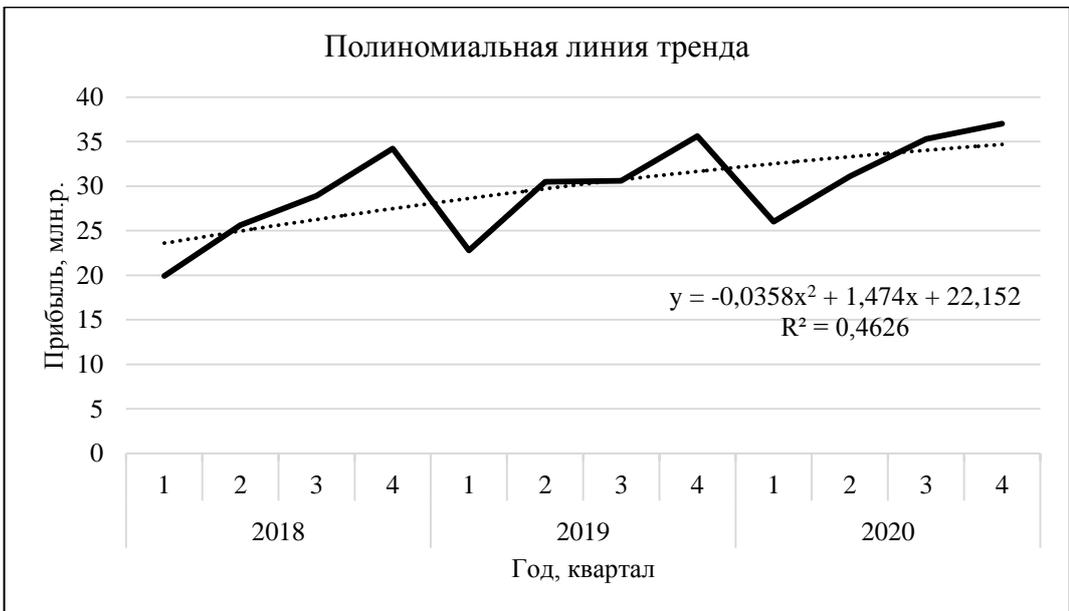
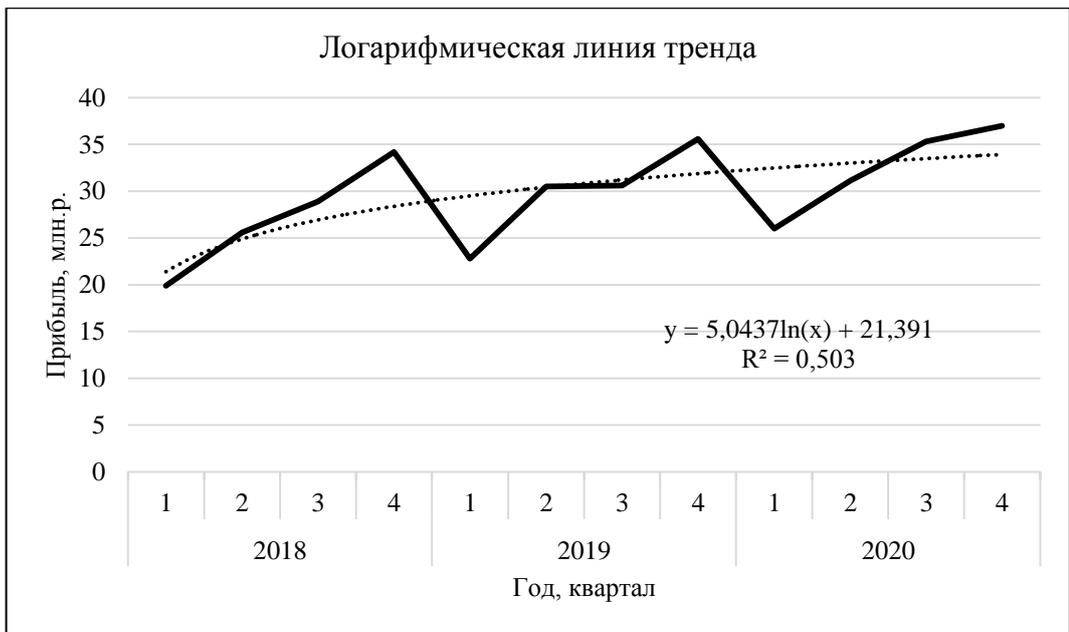


Рисунок 16 –Выбор наилучшей аппроксимации для задачи 4

Среди рассчитанных линий тренда лучшими сглаживающими свойствами обладает степенная аппроксимация. Об этом свидетельствует наибольший коэффициент детерминации равный 0,5256.

Для выделения сезонной составляющей приведем таблицу 15.

Таблица 15 – Выделение сезонной составляющей

Год	Квартал	Маш.вр.	Дет.сост.	Приращ.
2018	1	1	21,59	
	2	2	24,52	2,93
	3	3	26,42	1,90
	4	4	27,85	1,43
2019	1	5	29,02	1,17
	2	6	30,00	0,99
	3	7	30,87	0,86
	4	8	31,63	0,77
2020	1	9	32,32	0,69
	2	10	32,96	0,63
	3	11	33,54	0,58
	4	12	34,08	0,54
2021	1	13	34,58	0,50
	2	14	35,06	0,47
	3	15	35,50	0,45
	4	16	35,93	0,42

График детерминированной составляющей прибыли с учетом прогнозного года приведен на рисунке 17.

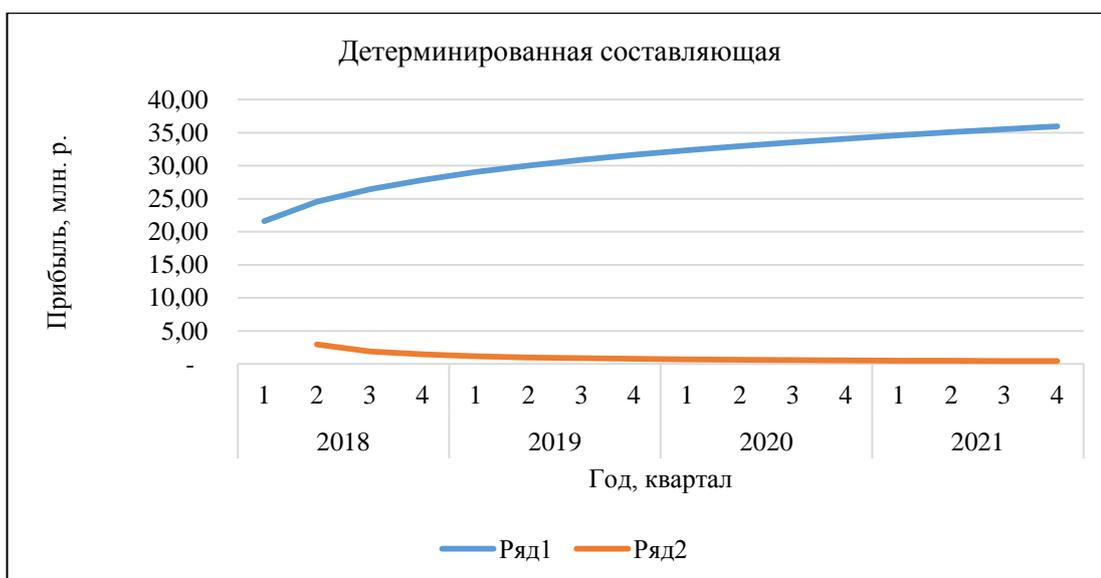


Рисунок 17 – График детерминированной составляющей прибыли с учетом прогнозного года

Детерминированная составляющая прибыли постоянно увеличивается. Однако, приращение прибыли постоянно уменьшается. Построим график сезонной составляющей (рисунок 18), для чего предварительно рассчитаем данные в таблице 16.

Таблица 16 – Данные расчета сезонной составляющей

Год	Квартал	Прибыль, млн.р.	Коэф.кол.	Уср.коэф.	Сез.сост.
1	2	3	4	5	6
2018	1	19,9	0,92	0,84	18,08
	2	25,6	1,04	1,00	24,56
	3	28,9	1,09	1,05	27,63
	4	34,2	1,23	1,15	31,93
2019	1	22,8	0,79		24,29
	2	30,5	1,02		30,05
	3	30,6	0,99		32,28
	4	35,6	1,13		36,26

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6
2020	1	26,0	0,80		27,06
	2	31,1	0,94		33,00
	3	35,3	1,05		35,08
	4	37,0	1,09		39,07
2021	1				28,96
	2				35,11
	3				37,14
	4				41,19



Рисунок 18 – График детерминированной составляющей с учетом сезонной  
КОМПОНЕНТЫ

Данный график показывает нам, что прибыль в каждом квартале возрастает, амплитуда колебаний не изменяется и период колебаний одинаковый.

Рассчитаем значения случайной составляющей и ее числовые характеристики математическое ожидание (среднее значение), среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение) (таблица 17).

Таблица 17 – Расчет значений

Год	2018				2019				2020			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Случ. сост.	1,82	1,04	1,27	2,27	-1,49	0,45	-1,68	-0,66	-1,06	-1,90	0,22	-2,07
Мат. ожид.	-0,15											
Станд. откл.	1,53											

Рассчитаем прогноз прибыли (таблица 18).

Таблица 18 – Расчет прибыли

Год	Квартал	Пес. прог.	Дет. прог.	Опт. прог.
2018	1	18,08	18,08	18,08
	2	24,56	24,56	24,56
	3	27,63	27,63	27,63
	4	31,93	31,93	31,93
2019	1	24,29	24,29	24,29
	2	30,05	30,05	30,05
	3	32,28	32,28	32,28
	4	36,26	36,26	36,26
2020	1	27,06	27,06	27,06
	2	33,00	33,00	33,00
	3	35,08	35,08	35,08
	4	39,07	39,07	39,07
2021	1	24,37	28,96	33,54
	2	30,52	35,11	39,69
	3	32,55	37,14	41,72
	4	36,60	41,19	45,77

Графическое представление прогноза прибыли приведено на рисунке 19.

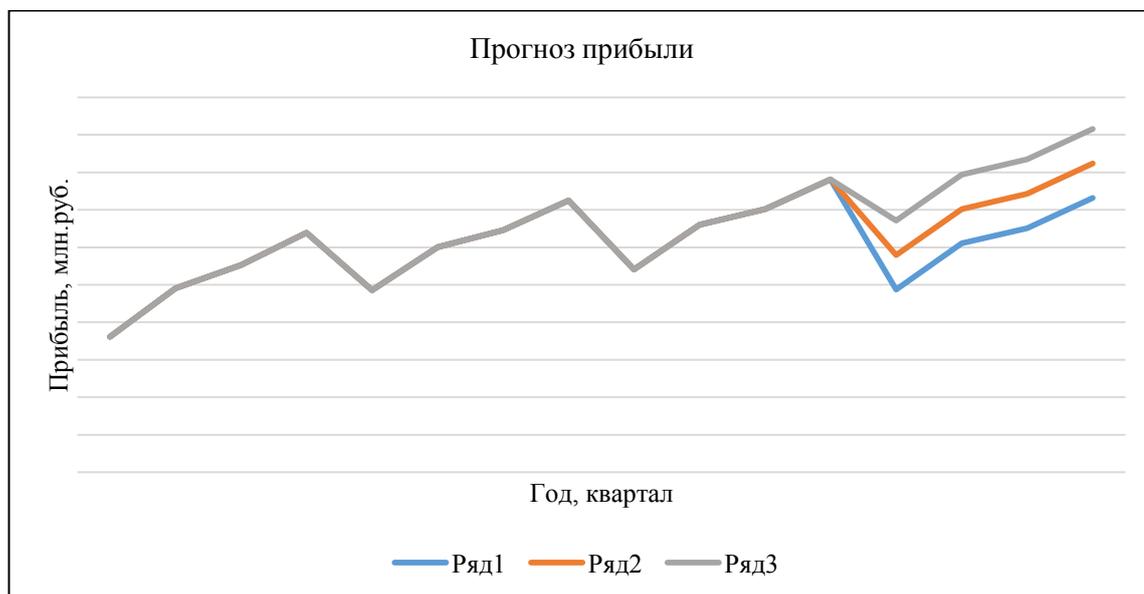


Рисунок 19 – Графическое представление прогноза прибыли

На графике наблюдается рост прибыли каждый год. Рост происходит с одинаковой амплитудой и периодом. Максимальная прибыль приходится на прогнозный 2021 год и составляет 35,93 млн.р. Однако, прирост прибыли постоянно уменьшается и принимает минимальное значение в прогнозном 2021 году 0,42 млн.р. Постановка задачи: выявить причины, приводящие к снижению прироста прибыли на предприятии.

### Задания для самостоятельной работы

#### Задача 5

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 19. Сделать прогноз на 2 года вперед. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 19 – Исходные данные к задаче 5

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	150	146	169	147	178	177	191	187	177	212	171

### **Задача 6**

Динамика урожайности картофеля приведена в таблице 20. Сделать прогноз урожайности на 2 года вперед. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 20 – Исходные данные к задаче 6

Годы	Урожайность, ц с 1га
2010	153
2011	149
2012	172
2013	150
2014	181
2015	180
2016	194
2017	190
2018	181
2019	215
2020	176

### **Задача 7**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 21. Сделать прогноз на 2 года вперед. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 21 – Исходные данные к задаче 7

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	184	180	203	181	212	211	205	225	212	246	207

### **Задача 8**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 22. Сделать прогноз прибыли на 2 года вперед, сформулировать постановку задачи для предприятия.

Таблица 22 – Исходные данные к задаче 8

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	149	145	168	146	177	176	190	186	176	211	170

### **Задача 9**

Динамика урожайности картофеля в хозяйстве приведена в таблице 23.

Таблица 23 – Исходные данные к задаче 9

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	150	146	169	147	178	177	191	187	177	212	171

Подобрать уравнение тренда. Спрогнозировать урожайность на 2021-2022 гг. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### ***Задача 10***

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 24. Необходимо сделать прогноз прибыли на 2021-2022 гг. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

Таблица 24 – Исходные данные к задаче 10

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	174	170	193	171	202	201	215	211	202	236	197

### ***Задача 11***

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 25.

Таблица 25 – Исходные данные к задаче 11

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	164	160	183	161	192	191	205	201	192	226	187

Сделать прогноз прибыли на 2021-2022 гг. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### ***Задача 12***

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 26.

Таблица 26 – Исходные данные к задаче 12

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	172	170	194	172	201	203	216	210	203	226	199

Сделать прогноз прибыли на 2021-2022 гг. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### ***Задача 13***

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 27.

Таблица 27 – Исходные данные к задаче 13

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	184	180	203	181	212	211	225	221	212	246	207

Сделать прогноз прибыли на 2021-2022 гг. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### ***Задача 14***

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 28.

Таблица 28 – Исходные данные к задаче 14

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	185	182	205	183	215	214	228	224	215	249	212

Сделать прогноз прибыли на 2021-2022 гг. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### **Задача 15**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 29.

Таблица 29 – Исходные данные к задаче 15

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прибыль, млн. р.	165	159	182	162	191	192	204	200	193	222	188

Сделать прогноз прибыли на 2021-2022 гг. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### **Задача 16**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 30. Необходимо сделать прогноз прибыли на 2021 г. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

Таблица 30 – Исходные данные к задаче 16

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	19,7	25,4	28,7	34,0	22,6	30,3	30,4	35,4	25,8	33,9	35,1	37,0

### **Задача 17**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 31. Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

Таблица 31 – Исходные данные к задаче 17

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	19,9	25,6	28,9	34,2	22,8	30,5	30,6	35,6	26,0	31,1	35,3	36,0

### **Задача 18**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 32. Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 32 – Динамика прибыли предприятия

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	17,7	23,4	26,7	32,0	20,6	28,3	28,4	33,4	23,8	31,9	34,1	35,5

### **Задача 19**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 33. Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 33 – Исходные данные к задаче 19

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	20,0	25,6	28,9	34,0	23,0	30,5	30,6	36,0	26,0	31,1	35,3	37,0

**Задача 20**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 34. Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 34 – Исходные данные к задаче 20

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	19,7	25,4	28,7	34,0	22,6	30,3	30,4	35,4	25,8	33,9	35,1	37,0

**Задача 21**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 35. Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи для предприятия

Таблица 35 – Исходные данные к задаче 21

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	17,7	23,4	26,7	32	20,6	28,3	28,4	33,4	23,8	31,9	33,1	35,0

### **Задача 22**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 36. Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

Таблица 36 – Исходные данные к задаче 22

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	18,7	24,4	27,7	33,0	21,6	29,3	29,4	34,4	24,8	32,9	34,1	36,0

### **Задача 23**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 37. Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи.

Таблица 37 – Исходные данные к задаче 23

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	17,6	23,4	26,7	32,0	20,5	28,3	28,4	33,4	23,8	31,8	33,1	35,0

**Задача 24**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 38.

Таблица 38 – Исходные данные к задаче 24

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	19,7	25,4	28,7	34	22,6	30,3	30,4	35,4	25,8	33,9	35,1	37,0

Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

**Задача 25**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 39.

Таблица 39 – Исходные данные к задаче 25

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	19,9	25,6	28,9	34,2	22,8	30,5	30,6	35,6	26	31,1	35,3	37,0

Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### **Задача 26**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 40.

Таблица 40 – Исходные данные к задаче 26

Показатель	Год											
	2018				2019				2020			
	Квартал											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Прибыль, млн. р.	17,7	23,4	26,7	32	20,6	28,3	28,4	33,4	23,8	31,9	33,1	35,0

Сделать прогноз прибыли на 2021 год. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### **Задача 27**

Динамика прибыли предприятия приведена в таблице 41.

Таблица 41 – Исходные данные к задаче 27

Годы	Квартал	Прибыль, млн. р.
1	2	3
2018	1	19,9
	2	25,6
	3	28,9
	4	34,2
2019	1	22,8
	2	30,5
	3	30,6
	4	35,6

## Продолжение таблицы 41

1	2	3
2020	1	26,0
	2	31,1
	3	35,3
	4	37,0

Необходимо сделать прогноз прибыли предприятия на 2021 г. Сформулировать постановку задачи для предприятия.

### 2.3 Выбор критериев качества

В критериальных задачах принятия решений, чтобы сравнить степень достижения поставленной цели с помощью выбранного способа действия используют критерии качества (иначе – критерии эффективности или критерии оптимальности), они являются математическим выражением цели операции (математической моделью цели операции). Дальнейшее изложения материала пособия будет касаться с основным этого типа задач принятия решений.

Каждое решение направлено на достижение одной или нескольких целей. Например, в задаче, рассмотренной выше, Совет директоров фирмы "Русские автомобили" желал:

- продолжать выполнять миссию фирмы, т.е. выпуск автомобилей;
- получить максимальную возможную прибыль (в условиях неопределенности будущих цен на бензин).

В данном конкретном примере обе цели можно достичь одновременно. Однако так бывает не всегда.

Например, часто встречающаяся формулировка "максимум прибыли при минимуме затрат" внутренне противоречива. Минимум затрат равен 0,

когда работа не проводится, но и прибыль тогда тоже равна 0. Если же прибыль велика, то и затраты велики, поскольку и то, и другое связано с объемом производства. Можно либо максимизировать прибыль при фиксированных затратах, либо минимизировать затраты при заданной прибыли, но невозможно добиться "максимума прибыли при минимуме затрат".

Надо иметь в виду, что на человека выигрыш или проигрыш одной и той же суммы могут оказать совсем разное влияние. Выигрыш приносит радость (но не счастье), в то время как проигрыш может означать разорение, полный крах, т.е. несчастье. Недаром в микроэкономической теории полезности рассматривают парадоксальное понятие – полезность денег – и приходят к выводу, что полезность равна логарифму имеющейся суммы.

Каждому ЛПР приходится делать выбор в сторону того или иного критерия с точки зрения, важности решения, что называется сегодня-сейчас. В этом ему может помочь теория полезности, хорошо разработанная в экономике (в частности, т.н. "маржинальная полезность" в теории поведения потребителей и др.) и имеющая развитый математический аппарат.

В общем случае выбираемые критерии качества должны:

- отвечать на главный вопрос, в какой степени альтернатива действия позволяет достигнуть поставленной цели;
- быть количественными, чтобы сравнение решений было обоснованным;
- допускать достаточно простую физическую трактовку;
- быть статистически устойчивыми, то есть иметь малый разброс относительно среднего значения.

До настоящего времени недостаточно разработаны подходы к разработке критериев качества. На основании анализа рекомендаций различных экспертов предлагается неформальная процедура, позволяющая получить критерии эффективности, для задач принятия решений рассматриваемого класса.

### *Процедура выбора критериев качества*

1. Устранить неопределенность целей, т.е. сформулировать и записать все цели, которые мы преследуем в рамках данной операции.
2. Согласовать полученный перечень целей между собой и с целями вышестоящего руководителя.
3. Провести шкалирование, т.е. выбрать для каждой цели единицу и шкалу измерения. Этой неформальной операцией мы переводим цели в критерии эффективности.
4. Разместить выбранные критерии качества в порядке важности т.е. провести ранжирование критериев качества.

При составлении перечня целей нам может оказать помощь: обращение к авторитету; экспертный анализ; использование казуистических методов и т.п. Приведенные способы взаимосвязаны между собой, а первый, строго говоря, является частным случаем второго и выделен особо в силу того, что довольно часто используется на практике.

Экспертный анализ может проводиться в различных формах, например, опрос типа интервью, анкетирование, метод докладной записки и пр. При работе с группой экспертов можно организовать различные виды взаимодействия между ними, например, эксперты могут свободно обмениваться информацией друг с другом; обмен информацией между экспертами регламентирован; эксперты изолированы друг от друга. Совместно с экспертным анализом для формирования множества целей целесообразно пользоваться и казуистическими методами. Казуистическая теория ценности формулируется так: ценности не зависят от времени в том смысле, что если оглянуться назад и найти пример задачи, тождественной с нашей собственной, то решение, принятое тогда, подразумевало и то, что будет ныне.

Составление перечня целей полезно еще и потому, что в реальных условиях наряду с целями, фигурирующими в постановке задачи «в явном виде», могут иметь место и целевые установки, которые непосредственно в

постановке рассматриваемой задачи не отражены. Вместе с тем игнорирование таких неявных целевых установок может нежелательно отразиться на степени достижения желаемого результата.

Когда перечень целей составлен, его по возможности желательно упростить и сократить, а сами цели согласовать между собой и с целями вышестоящей организации. С этого начинается оценочная часть процедуры выбора критериев качества:

1) прежде всего, необходимо проверить, не является ли достижение одной цели в перечне лишь средством к достижению другой. Если является, то ее можно исключить из списка, если только мы не хотим показать явно, как одна цель приводит к другой;

2) проверьте, что цели на одном уровне согласуются с целями на более высоких уровнях;

3) проверьте цели на их физическую, экономическую и социальную осуществимость. Определите и укажите границы существования целей;

4) еще одной редакторской правкой является объединение целей разных участков, если эти цели по существу одинаковы;

5) проведите работу над семантическими проблемами. Изложите цели словами, с которыми согласны все эксперты. Убедитесь, что используемые вами термины и слова нейтральны и свободны от пристрастия.

После того как проведено согласование целей, необходимо выбрать шкалу и единицу измерения для каждой цели. При этом необходимо учитывать три свойства чисел: тождество, ранговый порядок и аддитивность. Эти свойства выражаются следующими девятью аксиомами.

Тождество:

1 Либо  $A = B$ , либо  $A \neq B$

2 Если  $A = B$ , то  $B = A$

3 Если  $A = B$  и  $B = C$ , то  $A = C$

Ранговый порядок:

4 Если  $A > B$ , то  $B < A$

5 Если  $A > B$  и  $B > C$ , то  $A > C$

Аддитивность:

6 Если  $A = P$  и  $B > O$ , то  $A + B > P$

7  $A + B = B + A$

8 Если  $A = P$  и  $B = Q$ , то  $A + B = P + Q$

9  $(A + B) + C = A + (B + C)$ .

Эти аксиомы позволяют выделить различные уровни измерения: 1 уровень – шкалы наименований; 2 уровень – шкалы порядка; 3 уровень – шкалы интервалов; 4 уровень – шкалы отношений. Чем выше уровень шкалы, тем больше статистических и математических операций можно выполнять над полученными при измерении числами.

Логическая основа шкал наименований содержится в аксиомах 1, 2, 3. Построить шкалу наименований значит просто использовать число как название или классификацию. Это не будет означать ничего, кроме того, что каждая отдельная цель имеет различное обозначение.

Шкалы наименований, по существу, качественны, однако они допускают некоторые статистические операции. Можно сосчитать число индивидов каждого класса и определить частоты. Можно также найти модальный, или наиболее многочисленный класс.

Первое усиление шкалы наименований происходит, когда мы имеем способ сравнить две вещи по одному общему признаку. Упорядочивающее отношение (аксиома 4) асимметрично. Если таким образом сравнить каждую пару вещей в длинном перечне и если каждая тройка вещей обнаруживает транзитивность (аксиома 5), то можно построить шкалу простого порядка.

В шкалах простого порядка каждый элемент должен иметь более высокий или более низкий ранг, чем всякий другой элемент; частота каждого класса равна единице.

Аксиомы упорядочивания допускают те же статистические операции, что и аксиомы тождества, а именно получение частот и мод. Кроме того, ранговый порядок позволяет вычислять медианы и коэффициенты ранговой

корреляции.

Элементы на шкалах порядка не обязательно располагаются равномерно по шкале. Поэтому арифметические и все другие статистические операции, кроме перечисленных выше, исключаются.

Если упорядоченное множество состоит из действительных чисел, то говорят, что измерение производится по шкале интервалов. Такие шкалы, иначе называемые равномерными, обладают тем важным преимуществом перед шкалами более низкого уровня, что численно равные разности выражают эмпирически равные разности в измеряемом общем признаке. Иными словами, интервалы между точками шкалы порядка сами могут быть упорядочены; отсюда еще одно название – дважды упорядоченные шкалы.

Шкалы интервалов не обладают важным свойством аддитивности, которое определяется аксиомами 6-9. Это значит, что к ним нельзя применять ни одного из основных арифметических действий, ибо вычитание, умножение и деление суть лишь частные случаи сложения. Если, однако, выбран произвольный нуль, то разности на таких шкалах могут рассматриваться как абсолютные величины, обладающие свойствами аддитивности.

Все статистические операции, имеющие смысл для шкал наименований и порядка, имеют смысл и для шкал интервалов. Кроме того, применимы процедуры для отыскания математического ожидания, стандартного (среднеквадратического) отклонения, коэффициента асимметрии и смешанных моментов. Не имеет смысла лишь одна обычная статистика – коэффициент вариации, или отношение стандартного отклонения к математическому ожиданию. Действительно, математическое ожидание зависит от положения нулевой точки, поэтому коэффициент вариации также от нее зависит.

Шкала отношений имеет все свойства других шкал плюс важное свойство аддитивности, определяемое аксиомами 6-9. Для шкал отношений допустимы все арифметические и статистические операции.

В результате проведения шкалирования целей мы получим множество критериев эффективности:

$$f_1(x), \dots, f_i(x), \dots, f_n(x), \quad (6)$$

где  $f_i(x)$  –  $i$ -й критерий эффективности,  $x$  – совокупность элементов решения.

В заключение процедуры очень полезно провести ранжирование критериев, т.е. расположить их в порядке важности. Существенную помощь на этом этапе могут оказать эксперты.

Правильный выбор критериев эффективности – самый важный этап задачи принятия решения. Выбрать не правильные критерии эффективности – значит решить не ту задачу.

### **Тестовые вопросы по выбору критериев качества**

1 Сравнение степени достижения требуемой цели с помощью выбранной альтернативы осуществляют:

- а) критерии качества;
- б) коэффициент конкордации;
- в) логические операции;
- г) принципы кредитования;
- д) экономическую прибыль.

2 Критерии качества являются:

- а) предметами первой необходимости;
- б) математическим выражением цели операции;
- в) производственными потребностями;
- г) локальными вычислительными сетями;
- д) Марковскими процессами.

3 Критерии качества являются:

- а) потенциальными возможностями;
- б) поведенческими теориями фирмы;
- в) математическими моделями целей операции;
- г) машинными носителями информации;
- д) методами вторичной группировки.

4 Укажите требование, которому должен удовлетворять критерии качества:

- а) допускать перекрестное субсидирование;
- б) соответствовать патентному соглашению;
- в) допускать использование метода максимального правдоподобия;
- г) соответствовать языку жестов;
- д) допускать достаточно простую физическую трактовку.

5 Назовите требование, которому должен удовлетворять критерий эффективности:

- а) определять, в какой степени выбранный способ действия позволяет достигнуть поставленной цели;
- б) не быть статистически устойчивым;
- в) допускать использование метода наименьших квадратов;
- г) определять метод скользящих средних;
- д) представлять собой паутинообразную модель.

6 Укажите один из этапов процедуры выбора критериев качества:

- а) применить метод проверки, основанный на ранговой корреляции;
- б) измерить производительность труда;
- в) устранить неопределенность целей;
- г) разработать паутинообразную модель;
- д) оценить паевой инвестиционный фонд.

7 Укажите один из этапов процедуры выбора критериев качества:

- а) применить многомерный дисперсионный анализ;
- б) использовать модель авторегрессии;
- в) использовать официальную учетную ставку;
- г) согласование перечня целей между собой и с целями вышестоящей организации;
- д) составить отчет в бюро технической информации.

8 Укажите один из этапов процедуры выбора критериев качества:

- а) рассчитать операционные доходы и расходы;
- б) определить ограничения на максимизацию прибыли;
- в) применить модель скользящего среднего;
- г) использовать теоретико-экономическую модель;
- д) шкалирование.

9 Одним из этапов процедуры выбора критериев качества является:

- а) ранжирование критериев качества;
- б) применение модели хозяйственного расчета;
- в) использование экономико-математической модели;
- г) исследование долговых государственных обязательств;
- д) выбор общего инвестиционного траста фонда.

10 При составлении перечня целей можно использовать:

- а) эконометрическую модель;
- б) обращение к авторитету;
- в) центральные моменты;
- г) общий клиринг;
- д) обусловленный кредит.

11 При составлении перечня целей можно использовать:

- а) мониторинг;
- б) мощность критерия;
- в) экспертный анализ;
- г) образовательные ваучеры;
- д) обратную дискриминацию.

12 При составлении перечня целей можно использовать:

- а) мультипрограммирование;
- б) выборочное наблюдение;
- в) облигации беспроцентные;
- г) казуистические методы;
- д) информационное обеспечение.

13 Экспертный анализ может проводиться в форме:

- а) контрольного наблюдения;
- б) налога с оборота;
- в) нормальной прибыли;
- г) нетарифных ограничений;
- д) опроса типа интервью.

14 Экспертный анализ может проводиться в форме:

- а) анкетирования;
- б) неопределенности;
- в) независимого опроса;
- г) нарастающего итога;
- д) нечеткого множества.

15 Экспертный анализ может проводиться в форме:

- а) номограммы;

- б) докладной записки;
- в) гидробионики;
- г) дискретизации;
- д) теории доказательств.

16 Возможно следующее взаимодействие экспертов в группе:

- а) эксперты могут организовать налог на экспорт и импорт;
- б) эксперты могут применить принцип наибольшего благоприятствования;
- в) эксперты могут свободно обмениваться информацией друг с другом;
- г) эксперты могут затруднить оборачиваемость денежных средств;
- д) эксперты могут осуществить обработку в режиме разделения времени.

17 Возможно следующее взаимодействие экспертов в группе:

- а) распределить экспертов по общественным группам;
- б) организовать статистическую обработку мнений экспертов;
- в) установить доминирующее положение одного из экспертов;
- г) регламентировать обмен информацией между экспертами;
- д) применить матричную структуру управления деятельностью экспертов.

18 Возможно следующее взаимодействие экспертов в группе:

- а) обеспечить лицензирование деятельности экспертов;
- б) применить линейную структуру управления деятельностью экспертов;
- в) применить среднюю оплату труда к экспертам;
- г) использовать отбор неповторный среди экспертов;
- д) изолировать экспертов друг от друга.

## Задачи на выбор критериев качества

### *1. Разработка плана снабжения предприятий. Однокритериальная постановка задачи.*

Имеется ряд предприятий, потребляющих известные виды сырья, и есть ряд сырьевых баз, которые могут поставлять это сырье предприятиям. Базы связаны с предприятиями какими-то путями сообщения (железнодорожными, водными, автомобильными, воздушными) со своими тарифами. Требуется разработать такой план снабжения предприятий сырьем (с какой базы, в каком количестве и какое сырье доставляется), чтобы потребности в сырье были обеспечены при минимальных расходах на перевозки.

Задача операции – обеспечить предприятия сырьем при минимальных расходах на перевозки. Показатель эффективности  $R$  – суммарные расходы на перевозки сырья за единицу времени, например, месяц ( $R \rightarrow \min$ ).

*Многокритериальная постановка задачи.* Имеется ряд предприятий, потребляющих известные виды сырья, и есть ряд сырьевых баз, которые могут поставлять это сырье предприятиям. Базы связаны с предприятиями какими-то путями сообщения (железнодорожными, водными, автомобильными, воздушными) со своими тарифами. Требуется разработать план снабжения предприятий сырьем. Для разрабатываемой операции выбрать критерии качества.

#### I. Цели:

- 1) Доставить сырье предприятиям;
- 2) Определиться с ценами на сырье;
- 3) Минимизировать затраты на перевозку;
- 4) Определить сроки предоставления сырья;
- 5) Качество сырья;
- 6) Выбрать средство перевозки;
- 7) Объем сырья;
- 8) Штраф за опоздание.

II. Согласование целей с собой и вышестоящими органами.

- 1) Поставить необходимый объем сырья;
- 2) Суммарный расход на перевозку сырья;
- 3) Сроки предоставления сырья.

Остальные цели из I. считать элементами решения.

III. Шкалирование целей.

- 1)  $N$  – объем поставок (шт),  $0 \leq N \leq N_{\text{треб.}}$ ,  $N \rightarrow N_{\text{треб.}}$ .
- 2)  $\mathcal{E}$  – суммарный расход на перевозки (ден.ед.),  $0 \leq \mathcal{E} \leq \mathcal{E}_{\text{кр.}}$ ,  $\mathcal{E} \rightarrow \min$ .
- 3)  $T$  – время поставки сырья (ед.времени),  $0 \leq T \leq T_{\text{треб.}}$ ,  $T \rightarrow T_{\text{треб.}}$ .
- 4) Таблица – Критерии качества

№ критерия качества	1	2	3
Критерий качества	$N$	$\mathcal{E}$	$T$

## ***2. Постройка участка железнодорожной магистрали.***

### ***Однокритериальная постановка задачи.***

Сооружается участок железнодорожной магистрали. В нашем распоряжении – определенное количество средств: людей, строительных машин, ремонтных мастерских, грузовых автомобилей и т.д. Требуется спланировать строительство (т.е. назначить очередность работ, распределить машины и людей по участкам пути, обеспечить ремонтные работы) так, чтобы оно было завершено в минимально возможный срок.

Требуется так спланировать строительство, чтобы закончить его как можно скорее. Естественным показателем эффективности было бы время завершения стройки, если бы оно не было связано со случайными факторами (отказы техники, задержки в выполнении отдельных работ). Поэтому в качестве показателя эффективности можно выбрать среднее ожидаемое время  $\bar{T}$  окончания стройки ( $\bar{T} \rightarrow \min$ ).

*Многокритериальная постановка задачи.* Сооружается участок железнодорожной магистрали. В нашем распоряжении – определенное

количество средств: людей, строительных машин, ремонтных мастерских, грузовых автомобилей и т.д. Требуется спланировать строительство. Для разрабатываемой операции подобрать критерии качества.

I. Цели:

- 1) Построить железную дорогу;
- 2) Определить последовательность работ;
- 3) Распределить машин и людей по участкам пути;
- 4) Спланировать ремонтные работы для строительных машин;
- 5) Минимизировать затраты на строительство железной дороги;
- 6) Согласовать сроки строительства;
- 7) Экологическая ситуация.

II. Согласование целей с собой и вышестоящими органами.

- 1) Суммарный расход на строительство железной дороги;
- 2) Сроки строительства;
- 3) Экологическая ситуация.

Остальные цели из I. считать элементами решения.

III. Шкалирование целей.

- 1) Э – суммарный расход на строительство (ден.ед.),  $0 \leq Э \leq Э_{кр.}$ ,

$Э \rightarrow \min$ .

- 2) T – время строительства железной дороги (ед.времени),  $0 \leq T \leq T_{треб.}$ ,

$T \rightarrow T_{треб.}$ .

- 3) V – экологическая ситуация (т.)  $0 \leq V \leq V_{кр.}$ ,  $V \rightarrow \min$ .

- 4) Таблица – Критерии качества

№ критерия качества	1	2	3
Критерий качества	T	Э	V

### ***3. Продажа сезонных товаров. Однокритериальная постановка задачи.***

Для реализации определенной массы сезонных товаров создается сеть временных торговых точек. Требуется выбрать разумным образом: число точек, их размещение, товарные запасы и количество персонала на каждой из них так, чтобы обеспечить максимальную экономическую эффективность распродажи.

*Многокритериальная постановка задачи.* Для реализации определенной массы сезонных товаров создается сеть временных торговых точек. Требуется выбрать разумным образом: число точек, их размещение, товарные запасы и количество персонала на каждой из них. Для разрабатываемой операции подобрать критерии качества.

### ***4. Снегозащита дорог. Однокритериальная постановка задачи.***

В условиях Оренбургской области метели, заносящие снегом дороги, представляют серьезную помеху движению. Любой перерыв движения приводит к экономическим потерям. Существует ряд возможных способов снегозащиты (профиль дороги, защитные щиты и т. д.), каждый из которых требует известных затрат на сооружение и эксплуатацию. Известны господствующие направления ветров, есть данные о частоте и интенсивности снегопадов. Требуется разработать наиболее эффективные экономически средства снегозащиты (какую из дорог, как и чем, защищать?) с учетом потерь, связанных с заносами.

*Многокритериальная постановка задачи.* В условиях Оренбургской области метели, заносящие снегом дороги, представляют серьезную помеху движению. Любой перерыв движения приводит к экономическим потерям. Существует ряд возможных способов снегозащиты (профиль дороги, защитные щиты и т. д.), каждый из которых требует известных затрат на сооружение и эксплуатацию. Известны господствующие направления ветров, есть данные о частоте и интенсивности снегопадов. Требуется разработать средства снегозащиты (какую из дорог, как и чем, защищать?) с учетом потерь, связанных с заносами. Для разрабатываемой операции подобрать

критерии качества.

### ***5. Противолодочный рейд. Однокритериальная постановка задачи.***

Известно, что в некотором районе морского театра военных действий находится подводная лодка противника. Группа самолетов противолодочной обороны получила задание: разыскать, обнаружить и уничтожить лодку. Требуется рационально организовать операцию (рейд): выбрать маршруты самолетов, высоту полета, способ атаки так, чтобы с максимальной уверенностью обеспечить выполнение боевого задания.

*Многокритериальная постановка задачи.* Известно, что в некотором районе морского театра военных действий находится подводная лодка противника. Группа самолетов противолодочной обороны получила задание: разыскать, обнаружить и уничтожить лодку. Требуется рационально организовать операцию (рейд): выбрать маршруты самолетов, высоту полета, способ атаки. Для разрабатываемой операции подобрать критерии качества.

### ***6. Выборочный контроль продукции. Однокритериальная постановка задачи.***

Завод выпускает определенного вида изделия. Для обеспечения их высокого качества организуется система выборочного контроля. Требуется разумно организовать контроль (т. е. выбрать размер контрольной партии, набор тестов, правила браковки и т. д.) так, чтобы обеспечить заданный уровень качества при минимальных расходах на контроль.

*Многокритериальная постановка задачи.* Завод выпускает определенного вида изделия. Для обеспечения их высокого качества организуется система выборочного контроля. Требуется разумно организовать контроль (т. е. выбрать размер контрольной партии, набор тестов, правила браковки и т. д.). Для разрабатываемой операции подобрать критерии качества.

### ***7. Медицинское обследование. Однокритериальная постановка задачи.***

Известно, что в каком-то районе обнаружены случаи опасного

заболевания. С целью выявления заболевших (или носителей инфекции) организуется медицинское обследование жителей района. На это выделены материальные средства, оборудование, медицинский персонал. Требуется разработать такой план обследования (число медпунктов, их размещение, последовательность осмотров специалистами, виды анализов и т. д.), который позволит выявить, по возможности, максимальный процент заболевших и носителей инфекции.

*Многокритериальная постановка задачи.* Известно, что в каком-то районе обнаружены случаи опасного заболевания. С целью выявления заболевших (или носителей инфекции) организуется медицинское обследование жителей района. На это выделены материальные средства, оборудование, медицинский персонал. Требуется разработать план обследования (число медпунктов, их размещение, последовательность осмотров специалистами, виды анализов и т. д.). Для разрабатываемой операции подобрать критерии качества.

**8. Библиотечное обслуживание. Однокритериальная постановка задачи.**

Крупная библиотека обслуживает запросы, поступающие от абонентов. В фондах библиотеки имеются книги, пользующиеся повышенным спросом, книги, на которые требования поступают реже и, наконец, книги, почти никогда не запрашиваемые. Имеется ряд возможностей распределения книг по стеллажам и хранилищам, а также по диспетчеризации запросов с обращениями в другие библиотеки. Нужно разработать такую систему библиотечного обслуживания, при которой запросы абонентов удовлетворяются в максимальной мере.

*Многокритериальная постановка задачи.* Крупная библиотека обслуживает запросы, поступающие от абонентов. В фондах библиотеки имеются книги, пользующиеся повышенным спросом, книги, на которые требования поступают реже и, наконец, книги, почти никогда не запрашиваемые. Имеется ряд возможностей распределения книг по

стеллажам и хранилищам, а также по диспетчеризации запросов с обращениями в другие библиотеки. Нужно разработать систему библиотечного обслуживания. Для разрабатываемой операции подобрать критерии качества.

## **2.4 Построение математической модели и проведение с ее помощью расчетов**

Существо работы ЛПР в процессе принятия решений состоит в тщательном изучении деталей и специфики решаемой проблемы, определении всего набора допустимых альтернатив, оценке их эффективности, сравнении их между собой и выделении оптимальной стратегии. Эта работа широко опирается на математическое моделирование.

Выделим основные этапы и подэтапы математического моделирования операции  $S$ :

1-й этап, построение концептуальной модели операции и ее формализация, включает следующие подэтапы:

- 1.1 постановка задачи машинного моделирования операции;
- 1.2 анализ задачи моделирования операции;
- 1.3 определение требований к исходной информации об объекте моделирования и организация ее сбора;
- 1.4 выдвижение гипотез и принятие предположений;
- 1.5 определение параметров и переменных модели;
- 1.6 установление основного содержания модели;
- 1.7 обоснование критериев оценки эффективности моделирования операции;
- 1.8 определение процедур аппроксимации;
- 1.9 описание концептуальной модели операции;
- 1.10 проверка достоверности концептуальной модели;

1.11 составление технической документации по 1-му этапу моделирования операции.

2-й этап, алгоритмизация модели операции и ее машинная реализация, включает следующие подэтапы:

- 2.1 построение логической схемы модели;
- 2.2 получение математических соотношений;
- 2.3 проверка достоверности модели операции;
- 2.4 выбор вычислительных средств моделирования;
- 2.5 составление плана выполнения работ по программированию;
- 2.6 построение схемы программы;
- 2.7 проверка достоверности схемы программы;
- 2.8 проведение программирования модели операции;
- 2.9 проверка достоверности схемы программы;
- 2.10 составление технической документации по 2-му этапу моделирования операции;

3-й этап, получение и интерпретация результатов моделирования операции, включает следующие подэтапы:

- 3.1 планирование машинного эксперимента с моделью операции;
- 3.2 определение требований к вычислительным средствам;
- 3.3 проведение рабочих расчетов;
- 3.4 анализ результатов моделирования операции;
- 3.5 представление результатов моделирования;
- 3.6 интерпретация результатов моделирования;
- 3.7 подведение итогов моделирования и выдача рекомендаций;
- 3.8 составление технической документации по 3-му этапу моделирования операции.

Таким образом, процесс моделирования операции  $S$  сводится к выполнению перечисленных подэтапов, сгруппированных в виде трех этапов.

На этапе построения концептуальной модели  $M$  и ее формализации

проводят исследование моделируемой операции с целью выделения основных составляющих процесса его функционирования. Определяют необходимые аппроксимации и получают обобщенную схему модели операции  $S$ . Эту схему преобразуют в машинную модель  $M$  на 2-м этапе моделирования, путем последовательных алгоритмизации и программирования модели. Последний 3-й этап моделирования операции сводится к проведению рабочих расчетов на компьютере; получению и интерпретации результатов моделирования операции  $S$ . Моделирование проводится с учетом воздействия внешней среды  $E$  согласно разработанному плану с использованием выбранных программно-технических средств. Очевидно, что при построении модели и ее машинной реализации при получении новой информации возможен пересмотр ранее принятых решений, т.е. процесс моделирования является итерационным.

**Основные термины математического моделирования:**

- компоненты операции – части операции, которые могут быть вычленены из нее и рассмотрены отдельно;
- независимые переменные – они могут изменяться, но это внешние величины, не зависящие от проходящих в системе процессов;
- зависимые переменные – значения этих переменных есть результат (функция) воздействия на систему независимых внешних переменных;
- управляемые (управляющие) переменные – те, значения которых могут изменяться экспертом;
- эндогенные переменные – их значения определяются в ходе деятельности компонент системы (т.е. «внутри» системы);
- экзогенные переменные – определяются либо исследователем, либо извне, т.е. в любом случае действуют на систему извне.

Модели подразделяют на следующие виды:

- 1) Функциональные модели – выражают прямые зависимости между эндогенными и экзогенными переменными.

2) Модели, выраженные с помощью систем уравнений относительно эндогенных величин. Выражают балансовые соотношения между различными экономическими показателями (например, модель межотраслевого баланса).

3) Модели оптимизационного типа. Основная часть модели – система уравнений эндогенных переменных. Но цель – найти оптимальное решение для некоторого экономического показателя (например, найти такие величины ставок налогов, чтобы обеспечить максимальный приток средств в бюджет за заданный промежуток времени).

4) Имитационная модель – логико-математическое описание операции, которое может быть использовано для экспериментирования на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта.

Кроме того, модели можно подразделять на управляемые и прогнозные. Управляемые модели отвечают на вопрос: «Что будет, если ...?»; «Как достичь желаемого?», и содержат три группы переменных: 1) переменные, характеризующие текущее состояние объекта; 2) управляющие воздействия – переменные, влияющие на изменение этого состояния и поддающиеся целенаправленному выбору; 3) исходные данные и внешние воздействия, т.е. параметры, задаваемые извне, и начальные параметры.

В прогнозных моделях управление не выделено явно. Они отвечают на вопросы: «Что будет, если все останется по-старому?»

Далее, модели можно делить по способу измерения времени на непрерывные и дискретные. В любом случае, если в модели присутствует время, то модель называется динамической. Чаще всего в моделях используется дискретное время, т.к. информация поступает дискретно: отчеты, балансы и иные документы приходят периодически. Но с формальной точки зрения непрерывная модель может оказаться более простой для изучения. Отметим, что в физической науке давно продолжается

дискуссия о том, является ли реальное физическое время непрерывным или дискретным.

Обычно в достаточно крупные социально-экономические модели входят материальный, финансовый и социальный разделы. Материальный раздел – балансы продуктов, производственных мощностей, трудовых, природных ресурсов. Это раздел, описывающий основополагающие процессы, это уровень, обычно слабо подвластный управлению, особенно быстрому, поскольку весьма инерционен.

Финансовый раздел содержит балансы денежных потоков, правила формирования и использования фондов, правила ценообразования и т.п. На этом уровне можно выделить много управляемых переменных. Они могут быть регуляторами. Социальный раздел содержит сведения о поведении людей. Этот раздел вносит в модели принятия решений много неопределенностей, поскольку трудно точно правильно учесть такие факторы как трудоотдача, структура потребления, мотивация и т.п.

При построении моделей, использующих дискретное время, часто применяют методы эконометрики. Среди них популярны регрессионные уравнения и их системы. Обычно используют уравнения не выше второго порядка, линейные по параметрам:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} + \sum_{j=1}^k \sum_{f=1}^k \beta_{jf} x_{ij} x_{if} + e_i, \quad (7)$$

где  $Y_i$  – переменная отклика;

$x_{ij}$  – факторы, от которых зависит  $Y_i$ ;

$\beta_j$  – коэффициенты, которые характеризуют взаимодействие между  $Y_i$

и  $x_{ij}$ ;

$\beta_{jf}$  – отражают взаимодействие между  $x_{ij}$  и  $x_{if}$ ;

$e_i$  – ошибка модели,

$i$  – номер наблюдения (измерения, опыта, анализа, испытания),  
 $i = 1, 2, \dots, n$

$j$  – номер фактора (независимой переменной),  $j = 1, 2, \dots, k$ .

Коэффициенты  $\beta_j$ ,  $\beta_{jf}$  находят эконометрическими методами, например, методом наименьших квадратов. Различные системы регрессионных уравнений, построенные для решения практически важных задач, часто используют лаги (запаздывания в реакции). Для систем, нелинейных по параметрам, применение метода наименьших квадратов встречает трудности.

### **Тестовые вопросы по построению математической модели и проведению с ее помощью расчетов**

1 Определите один из этапов математического моделирования системы:

- а) создание концептуальной модели и ее формальное описание;
- б) вывод индуктивной грамматики;
- в) взвешивание с учетом правдоподобия;
- г) версия понятия правила резолюции;
- д) всеведение логическое.

2 Изучением проблем оптимальных решений занимается научная дисциплина:

- а) экономическая статистика;
- б) теория рынков;
- в) математическая статистика;
- г) экономическая психология;
- д) теория принятия решений.

3 Этап создания концептуальной модели операции включает:

- а) нейраминовою кислоту;
- б) пробу благородных металлов;
- в) разомкнутую систему управления;
- г) описание основных составляющих процесса функционирования операции;
- д) освоения продукции машиностроения.

4 Дисциплинирующие условия, которые требуется учитывать в операции, обычно условно подразделяют на три группы:

- а) статистические, спектральные и типологические;
- б) нормативные, циклические и экспертные;
- в) экономические, технические и социальные;
- г) платные, арендные и подрядные;
- д) асимптотические, балансные и бухгалтерские.

5 Определите один из этапов математического моделирования системы:

- а) высказывание в базе знаний;
- б) алгоритмизация модели системы и ее машинная реализация;
- в) взвешивание с учетом правдоподобия;
- г) версия понятия правила резолюции;
- д) всеведение логическое.

6 Несовпадение целей оперирующих сторон в операции создает:

- а) идентификацию объектов управления;
- б) конфликтную ситуацию;
- в) валовой внутренний продукт;
- г) частичный резерв;
- д) частичную поставку.

7 Схему модели системы  $S$  преобразуют в машинную модель:

- а) путем индексирования цен потребительских товаров;
- б) с помощью генератора программ;
- в) с помощью интерпретации факторов;
- г) с помощью компонентного анализа;
- д) путем последовательных алгоритмизации и программирования.

8 Субъекта, имеющего цель, которая служит мотивом постановки задачи и поиска ее решения называют:

- а) администратором банка данных;
- б) главой семьи;
- в) финансовым посредником;
- г) филантропом;
- д) лицом, принимающим решение.

9 Определите один из этапов математического моделирования системы:

- а) взвешивание с учетом правдоподобия;
- б) вывод индуктивной грамматики;
- в) получение и интерпретация результатов моделирования системы;
- г) версия понятия правила резолюции;
- д) всеведение логическое.

10 Математическое выражение цели (модели) операции, предназначенное количественно оценить степень достижения этой цели называется:

- а) критерием оптимальности;
- б) транзакционным спросом;
- в) товарным демпингом;
- г) технологическим укладом;
- д) теорией полезности.

11 Процесс моделирования является:

- а) итерационным;
- б) индуктивным;
- в) магистральным;
- г) адаптивным;
- д) долгосрочным.

### **Задача на построение математической модели**

В таблице 42 приводятся исходные данные для моделирования.

Таблица 42 – Исходные данные для моделирования

№ п/п	Y	$x_1$	$x_2$
1	203,4	119,0	106,4
2	63,3	28,1	57,0
3	36,1	15,9	36,0
4	34,4	36,8	39,8
5	45,9	17,5	55,2
6	113,7	50,3	64,4
7	121,8	55,9	27,8
8	73,8	26,1	44,2
9	87,8	21,6	41,2
10	75,8	25,4	67,5
11	49,0	17,2	26,1
12	111,8	119,6	55,3
13	96,4	124,2	42,9
14	80,0	114,8	37,2
15	88,9	106,5	51,0
16	75,2	103,5	59,4
17	61,8	141,1	43,8
18	237,7	154,1	107,7
19	160,0	24,4	37,8

$Y$  – валовой доход;

$x_1$  – объем основных фондов;

$x_2$  – объем оборотных средств.

### Решение

Проведем корреляционно-регрессионный анализ (таблица 43).

Таблица 43 – Матрица парных коэффициентов корреляции

	$Y$	$x_1$	$x_2$
$Y$	1		
$x_1$	0,498691	1	
$x_2$	0,705955	0,459419275	1

Согласно рассчитанной матрице между признаками  $y$  и  $x_1$  существует прямая умеренная связь, а между признаками  $y$  и  $x_2$  существует прямая, тесная связь. Между признаками  $x_1$  и  $x_2$  тоже существует связь, но так как коэффициент корреляции меньше 0,75, это говорит об отсутствии мультиколлинеарности. Построим линейную модель регрессии, для чего проведем регрессионный анализ (рисунок 20).

Регрессионная статистика						
Множественный R	0,732740423					
R-квадрат	0,536908527					
Нормированный R-кв	0,479022093					
Стандартная ошибка	39,18390301					
Наблюдения	19					
Дисперсионный анализ						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
Регрессия	2	28481,9	14240,94764	9,275205	0,002115116	
Остаток	16	24566,05	1535,378255			
Итого	18	53047,95				
Кoeffициент						
Статистика t						
P-Значение						
Нижние 95%						
Верхние 95%						
Нижние 95,0%						
Верхние 95,0%						
Y-пересечение	1,666585428	23,77898	0,070086486	0,944993	-48,74260805	52,07578
$x_1$	0,241030944	0,208889	1,153872712	0,265498	-0,201793266	0,683855
$x_2$	1,47078304	0,466083	3,155623736	0,006123	0,482730914	2,458835

Рисунок 20 – Результаты регрессионного анализа

Уравнение линейной регрессии:  $\tilde{y}_x = 1,67 + 0,24x_1 + 1,47x_2$ . При увеличении объема основных фондов на 1 единицу своего измерения валовой доход в среднем на 0,24 единиц своего измерения, а при увеличении объема оборотных средств на 1 единицу своего измерения валовой доход увеличивается на 1,47 единиц. Данное уравнение регрессии значимо по  $F$ -критерию Фишера, коэффициент регрессии  $b_1$  незначим, коэффициент  $b_2$ -значим по  $t$ -критерию Стьюдента. Максимальные и минимальные значения признаков представлены в таблице 44.

Таблица 44 – Максимальные и минимальные значения признаков

	$Y$	$x_1$	$x_2$
мин	34,4	15,9	26,1
макс	237,7	154,1	107,7

Рассчитаем шаг интервала для факторных признаков:

$$h_1 = \frac{\max x_1 - \min x_1}{9} = 15,367, \quad h_2 = \frac{\max x_2 - \min x_2}{9} = 9,067.$$

Расчетные значения  $y$  при изменении значений  $x_1$  и  $x_2$  приведены в таблице 45

Таблица 45 – Расчетные значения  $y$  при изменении значений  $x_1$  и  $x_2$

$x_2 \backslash x_1$	15,900	31,256	46,611	61,967	77,322	92,678	108,033	123,389	138,744	154,100
26,100	43,88641478	47,58758	51,28874287	54,98991	58,69107096	62,39224	66,0934	69,79456	73,49573	77,19689
35,167	57,22151434	60,92268	64,62384243	68,32501	72,02617053	75,72733	79,4285	83,12966	86,83083	90,53199
44,233	70,5566139	74,25778	77,958942	81,66011	85,36127009	89,06243	92,7636	96,46476	100,1659	103,8671
53,300	83,89171347	87,59288	91,29404156	94,99521	98,69636965	102,3975	106,0987	109,7999	113,501	117,2022
62,367	97,22681303	100,928	104,6291411	108,3303	112,0314692	115,7326	119,4338	123,135	126,8361	130,5373
71,433	110,5619126	114,2631	117,9642407	121,6654	125,3665688	129,0677	132,7689	136,4701	140,1712	143,8724
80,500	123,8970122	127,5982	131,2993403	135,0005	138,7016683	142,4028	146,104	149,8052	153,5063	157,2075
89,567	137,2321117	140,9333	144,6344398	148,3356	152,0367679	155,7379	159,4391	163,1403	166,8414	170,5426
98,633	150,5672113	154,2684	157,9695394	161,6707	165,3718675	169,073	172,7742	176,4754	180,1765	183,8777
107,700	163,9023108	167,6035	171,3046389	175,0058	178,706967	182,4081	186,1093	189,8105	193,5116	197,2128

На рисунке 21 изображена поверхность валового дохода.

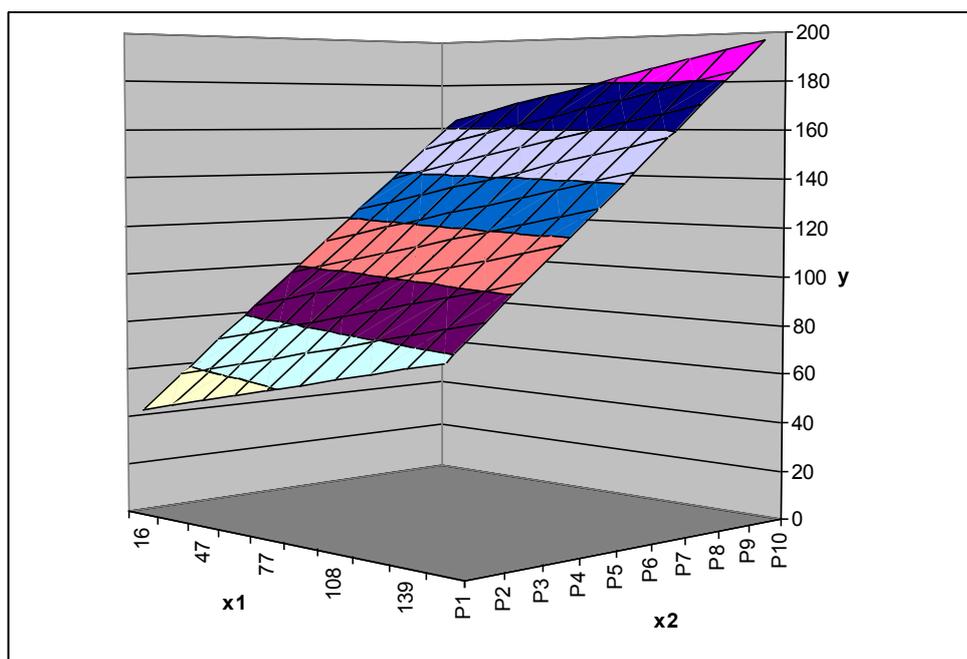


Рисунок 21 – Поверхность валового дохода

Исходные данные для самостоятельного построения математических моделей (например,  $y, x_1, x_2; y, x_3, x_4; \dots$ ) представлены в таблице 36.

Таблица 46 – Исходные данные для самостоятельного построения математических моделей

	$y$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
1	2	3	4	5	6	7
1	451,36	5,04	90,51	163,02	55,83	40,35
2	341,82	14,48	38,64	123,4	41,65	28,08
3	458,41	6,95	102,35	169,89	57,04	31,26
4	104,48	11,47	26,63	15,57	14,14	18,56
5	346,56	8,8	42,61	123,54	44,17	34,42
6	251,38	12,69	91,41	77,87	26,91	16,6

Продолжение таблицы 46

1	2	3	4	5	6	7
7	177,08	10,46	27,5	46,7	27,02	21,96
8	267,76	7,07	56,43	87,4	39,42	22,86
9	307,24	1,36	17,87	114,72	41,23	31,13
10	131,21	9,59	36,63	27,4	20,1	17,37
11	355,72	8	33,71	129,6	46,65	35,63
12	476,24	9,34	17,44	192,95	61,42	38,88
13	233,94	7,39	87,44	66,4	29,54	21,84
14	430,97	11,77	27,44	169,51	55,26	33,03
15	259,28	13,2	26,52	81,21	35,54	28,08
16	513,8	7,56	98,46	191,06	64,18	38,38
17	482,19	10,98	95,55	170,4	60,55	38,08
18	407,46	11,92	64,85	144,75	55,06	30,06
19	464,53	14,09	35,57	172,65	64,61	35,26
20	120,45	12,89	9,39	29,83	14,67	18,06
21	427,5	8,55	79,49	161,42	52,17	30,07
22	384,75	6,6	49,74	138,28	51,63	37,16
23	432,31	9,01	37,48	168,41	58,74	31,93
24	301,04	6,39	83,22	95,62	41,18	26,43
25	211,92	7,76	93,42	51,93	27,9	18,47

## 2.5 Особенности реализации процедуры принятия решения

Если решаемая задача содержит один критерий то, выбирая решение, мы, естественно, предпочтем такое, которое обращает критерий эффективности в максимум (или же в минимум).

На практике однокритериальные задачи встречаются редко. Обычно, в операции несколько критериев эффективности, из которых одни желательно обратить в максимум, а другие – в минимум. Решение, одновременно удовлетворяющее всем этим требованиям, отсутствует. Решение, обращающее в максимум один какой-то критерий, как правило, не обращает ни в максимум, ни в минимум другие.

Остановимся на некоторых наиболее применяемых на практике способах принятия решения в задачах, если приходится оценивать эффективность операции по нескольким критериям.

*Линейная свертка.* Вместо  $n$  частных критериев  $f_i$  предлагается рассматривать один критерий вида

$$F(x) = \sum_{i=1}^n c_i f_i(x), \quad (8)$$

где  $c_i$  – некоторые положительные числа, тем или иным способом нормированные, например,  $\sum_{i=1}^n c_i = 1$ .

Такой способ свертки вводит, по существу, отношение эквивалентности различных критериев (целевых функций), так как величины  $c_i$  показывают, насколько изменяется целевая функция  $F(x)$  при изменении критерия  $f_i(x)$  на единицу:  $c_i = \partial F / \partial f_i$ .

Коэффициенты  $c_i$  – результат экспертизы; они отражают представление оперирующей стороны о содержании компромисса, который она вынуждена принять. Таким образом, содержание компромисса состоит в ранжировании целей, которое вместе с назначением весовых коэффициентов и является той дополнительной гипотезой, позволяющей свести задачу со многими критериями к задаче с единственным критерием. Рекомендуем проводить эту экспертизу на этапе выбора критериев качества и после упорядочения множества критериев назначать им весовые коэффициенты. Для назначения веса коэффициентов показателям эффективности предлагается использовать методы, разработанные в теории измерения предпочтений (полезности).

Целесообразным представляется использование методов разработанных фон Найманом и Маргерштерном или Черчменом и Акоффом, которые позволяют получить шкалу интервала и шкалу порядка соответственно. Метод сведения задачи со многими критериями к однокритериальной является основным для решения этого класса задач.

*Использование контрольных показателей.* Очень часто (особенно) в экономических задачах задается некоторая система нормативов:  $f_1^*, f_2^*, \dots, f_n^*$ . Это значит, что будущее решение должно быть таковым, чтобы максимизировать функции  $f_i(x)$  при условиях  $f_i^*(x) \geq f_i^*, i = 1, 2, \dots, n$ . В таких случаях целевую функцию удобно представить в виде  $F(x) = \min_i \frac{f_i(x)}{f_i^*}$  и искать вектор  $x$ , который обеспечивает максимальное значение  $F(x)$ . Смысл здесь достаточно прост. При данном значении вектора  $x$  величина  $F(x)$  дает нам значение наихудшего из показателей  $f_i(x)$ . Значит, условие  $F(x) \rightarrow \max$  означает выбор такой системы параметров  $x$ , которая максимизирует отношение  $i$ -го реально достигнутого значения критерия к его контрольному значению. Значения  $f_i^*$  могут быть определены в результате экспертного опроса.

*Метод последовательных уступок.* Предположим, что мы ввели некоторую систему контрольных показателей  $f_i^*$ , относительно которых критерии  $f_i(x)$  должны удовлетворять ограничениям

$$f_i(x) \geq f_i^*, i = 1, \dots, n. \quad (9)$$

Предположим, что, кроме того, среди критериев  $f_i$  мы выделим некоторый основной, например  $f_1(x)$ . Тогда мы снова пришли к однокритериальной задаче  $f_1(x) \rightarrow \max$  при условиях  $f_i(x) \geq f_i^*, i = 1, \dots, n$ .

Существует еще один путь построения решения. Предположим, что критерии  $f_1, f_2, \dots, f_n$  расположены в порядке убывающей важности. Сначала ищем решение, обращающее в максимум первый (важнейший) показатель  $f_1 = f_{1\max}$ . Затем назначаем, исходя из практических соображений некоторую

«уступку»  $\Delta f$ , которую мы согласны сделать для того, чтобы максимизировать второй показатель  $f_2$ . Наложим на показатель ограничение: потребуем, чтобы он был меньше, чем  $f_{1\max} - \Delta f_1$ , и при этом ограничении ищется решение, обращающее в максимум  $f_2$ .

Далее снова назначим «уступку» в  $f_2$ , ценой которой можно максимизировать  $f_3$ , и т.д. Такой способ построения компромиссного решения хорош тем, что здесь сразу видно, ценой какой «уступки» в одном критерии приобретается выигрыш в другом и какова величина этого выигрыша.

*Введение метрики в пространстве целевых функций.* Предположим, что мы решили систему однокритериальных задач

$$f_i(x) \rightarrow \max, i=1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

и нашли в  $i$ -й задаче вектор  $x = x_i$ , доставляющий максимальное значение критерию  $f_i(x)$ :

$$f_i(x_i) = f_{i\max}, i=1, \dots, n. \quad (11)$$

Совокупность скалярных величин  $f_{i\max}$  определяет в пространстве критериев некоторую точку, которую называют точкой «абсолютного максимума». Если векторы различны  $(x_i)$ , то не существует такого выбора, который позволил бы достичь этой точки: точка  $(f_{1\max}, f_{2\max}, \dots, f_{n\max})$  является недостижимой в пространстве критериев. Введем теперь положительно определенную матрицу  $R = (r_{ij})$ . Тогда скалярная величина

$$h = \sqrt{\sum_{i,j} (f_i(x) - f_{i\max}) r_{ij} (f_j(x) - f_{j\max})}. \quad (12)$$

определяет в пространстве критериев некоторое расстояние от точки, соответствующей данному вектору  $x$ , до точки «абсолютного максимума». Ее минимизация показывает наши предельные возможности достижения «абсолютного максимума».

*Компромиссы Парето.* Смысл рассмотренных способов решения многокритериальных задач сводится к замене их эквивалентными

однокритериальными задачами. Эти способы носят неформальный характер, ибо они не могут быть получены как результат решения какой-либо математической задачи.

Существует еще один подход к решению многокритериальных задач. Сокращается множество исходных вариантов, т.е. исключаются из неформального анализа те варианты решений, которые заведомо будут плохи.

В теории принятия решений существует термин «принцип Парето», заключающийся в том, что выбирать в качестве решения следует только тот вектор  $x$ , который принадлежит множеству Парето. Принцип Парето не выделяет единственного решения, он только сужает множество альтернатив. Окончательный выбор остается за лицом, принимающим решение. Но построение множества Парето облегчает процедуру выбора решения.

При принятии решений в управлении производственных систем используются:

- модели технологических процессов (прежде всего модели контроля и управления);
- модели обеспечения качества продукции (в частности, модели оценки и контроля надежности);
- модели массового обслуживания;
- модели управления запасами (модели логистики);
- имитационные и эконометрические модели деятельности предприятия в целом, и др.

В процессе подготовки и принятия решений часто используют имитационные модели и системы. Имитационная модель позволяет отвечать на вопрос: "Что будет, если..." Имитационная система - это совокупность моделей, имитирующих протекание изучаемого процесса, объединенная со специальной системой вспомогательных программ и информационной базой, позволяющих достаточно просто и оперативно реализовать варианты расчеты.

**Некоторые сведения из современной теории измерений и экспертных оценок.** Как проводить анализ собранных рабочей группой ответов экспертов? Для более углубленного рассмотрения проблем экспертных оценок понадобятся некоторые понятия так называемой *репрезентативной теории измерений*, служащей основой теории экспертных оценок, прежде всего той ее части, которая связана с анализом заключений экспертов, выраженных в качественном (а не в количественном) виде.

Репрезентативная (т.е. связанная с *представлением* отношений между реальными объектами в виде отношений между числами) теория измерений (в дальнейшем сокращенно РТИ) является одной из составных частей эконометрики. А именно, она входит в состав *статистики объектов нечисловой природы*. Нас РТИ интересует, прежде всего, в связи с развитием теории и практики экспертного оценивания, в частности, в связи с агрегированием мнений экспертов, построением обобщенных показателей (их называют также рейтингами).

Получаемые от экспертов мнения часто выражены в *порядковой шкале*, т.е. эксперт может сказать (и обосновать), что один тип продукции будет более привлекателен для потребителей чем другой, один показатель качества продукции более важен, чем другой, первый технологический объект более опасен, чем второй, и т.д. Но он не в состоянии сказать, *во сколько раз* или *на сколько* более важен, соответственно, более опасен. Поэтому экспертов часто просят дать ранжировку (упорядочение) объектов экспертизы, т.е. расположить их в порядке возрастания (или, точнее, неубывания) интенсивности интересующей организаторов экспертизы характеристики.

Ранг – это номер (объекта экспертизы) в упорядоченном ряду. Формально ранги выражаются числами 1, 2, 3, ..., но весьма важно то, что с этими числами нельзя делать привычные арифметические операции. Например, хотя  $2 + 3 = 5$ , но нельзя утверждать, что для объекта, стоящем на третьем месте в упорядочении (в другой терминологии – ранжировке), интенсивность изучаемой характеристики равна сумме интенсивностей

объектов с рангами 1 и 2. Так, один из видов экспертного оценивания - оценки учащихся. Вряд ли кто-либо будет всерьез утверждать, что знания отличника равны сумме знаний двоечника и троечника (хотя  $5 = 2 + 3$ ), хорошист соответствует двум двоечникам ( $2 + 2 = 4$ ), а между отличником и троечником такая же разница, как между хорошистом и двоечником ( $5 - 3 = 4 - 2$ ). Поэтому очевидно, что для анализа подобного рода качественных данных необходима не обычная арифметика, а другая теория, дающая базу для разработки, изучения и применения конкретных методов расчета. Эта другая теория и есть РТИ.

Рассмотрим в качестве примера применения результатов теории измерений, связанных со средними величинами в порядковой шкале, один сюжет, связанный с ранжировками и рейтингами.

**Методы средних баллов.** В настоящее время распространены экспертные, маркетинговые, квалиметрические, социологические и иные опросы, в которых опрашиваемых просят выставить баллы объектам, изделиям, технологическим процессам, предприятиям, проектам, заявкам на выполнение научно-исследовательских работ, идеям, проблемам, программам, политикам и т.п. Затем рассчитывают средние баллы и рассматривают их как *интегральные (т.е. обобщенные, итоговые) оценки*, выставленные коллективом опрошенных экспертов. Какими формулами пользоваться для вычисления средних величин? Ведь средних величин существует, как мы знаем, очень много разных видов.

Обычно применяют *среднее арифметическое*. Специалисты по теории измерений уже около 30 лет знают, что *такой способ некорректен*, поскольку баллы обычно измерены в *порядковой* шкале (см. выше). Обоснованным является использование медиан в качестве средних баллов. Однако полностью *игнорировать средние арифметические нецелесообразно из-за их привычности и распространенности*. Поэтому представляется рациональным использовать одновременно оба метода - и метод средних арифметических рангов (баллов), и методов медианных рангов. Такая

рекомендация находится в согласии с общенаучной *концепцией устойчивости*, рекомендующей применять различные методы для обработки одних и тех же данных с целью выделить выводы, получаемые одновременно при всех методах. Такие выводы, видимо, соответствуют реальной действительности, в то время как заключения, меняющиеся от метода к методу, зависят от субъективизма исследователя, выбирающего метод обработки исходных экспертных оценок.

### **Тестовые вопросы по особенностям реализации процедуры принятия решений**

1 Если решается однокритериальная задача, то выбирается решение, которое ...

- а) формирует вознаграждение;
- б) учитывает неопределенность;
- в) оценивает убыточность стратегии;
- г) обращает критерий качества в максимум;
- д) интегрирует математическую индукцию.

2 Определите один из наиболее употребительных способов принятия решения в многокритериальных задачах:

- а) эквивалентность логическая;
- б) выборка логическая;
- в) устранение импликации;
- г) упрощение синтаксическое;
- д) линейная свертка.

3 Определите один из наиболее употребительных способов принятия решения в многокритериальных задачах:

- а) использование контрольных показателей;
- б) выборка логическая;

- в) устранение импликации;
- г) упрощение синтаксическое;
- д) эквивалентность логическая.

4 Определите один из наиболее употребительных способов принятия решения в многокритериальных задачах:

- а) выборка логическая;
- б) метод последовательных уступок;
- в) устранение импликации;
- г) упрощение синтаксическое;
- д) эквивалентность логическая.

5 Если в задачах принятия решения удается ограничиться одним критерием качества, то задачи называются:

- а) импульсными;
- б) информационного обслуживания;
- в) предикатными;
- г) однокритериальными;
- д) кластерными.

6 В зависимости от количества целей задачи принятия решений бывают (укажите два класса):

- а) рыночными;
- б) одноцелевыми;
- в) многоцелевыми;
- г) розничными;
- д) ковариационными.

7 Укажите один из трех часто используемых способа принятия решений:

- а) на основе оценки инфляционного риска;
- б) на основе запрограммированного решения;
- в) по результатам математического моделирования;
- г) по результатам оценки экономических ресурсов;
- д) на основе реорганизационных процедур.

8 Если в операции существует цель, альтернативные способы ее достижения и дисциплинирующие условия, то возникает:

- а) база сопоставления;
- б) бухгалтерский баланс;
- в) экономическая система;
- г) задача принятия решения;
- д) эвристика.

9 Укажите один из трех часто используемых способа принятия решений:

- а) интуитивный способ;
- б) страховой способ;
- в) базисный способ;
- г) трансляционный способ;
- д) статистический способ.

10 Укажите один из трех часто используемых способа принятия решений:

- а) на основе результатов мультипрограммирования;
- б) на основе бюджетного финансирования;
- в) по результатам натуральных испытаний;
- г) на основе применения казуистических методов;
- д) на основе устранения импликации.

11 В настоящее время используются три способа принятия решений.

Укажите один из них:

- а) на основе результатов мультипрограммирования
- б) на основе бюджетного финансирования;
- в) на основе трансляционный способ;
- г) на основе математического моделирования;
- д) на основе страхового способа.

### Примеры задач на принятие решений

1. Принятие решений при использовании двух показателей эффективности

2. Принятие решений при использовании трех показателей эффективности

*1. Принятие решений при использовании двух показателей эффективности*

#### **Задача 1**

Рассчитать показатели эффективности и выбрать вид огня, если результаты моделирования приведены в таблицах. Показатели эффективности ранжированы следующим образом (таблица 47).

Таблица 47 – Ранжирование показателей эффективности для задачи 1

$N \rightarrow$	max	% уничтоженных целей от числа участвующих в полете
$m_{py} \rightarrow$	min	мат. ожидание числа израсходованных ракет за одну уничтоженную цель

*Решение*

Результаты моделирования стрельбы способом А и Б представлены в таблице 48.

Таблица 48 – Результаты моделирования стрельбы способом А и Б для задачи 1

№ п/п	Кол-во целей в налете	Кол-во уничтож. целей	Кол-во израсход. ракет	№ п/п	Кол-во целей в налете	Кол-во уничтож. целей	Кол-во израсход. ракет
Вид огня А				Вид огня Б			
1	3	1	5	1	1	0	2
2	7	2	11	2	3	1	13
3	4	1	8	3	6	1	13
4	3	2	5	4	8	1	10
5	1	0	1	5	8	5	11
6	8	5	15	6	1	0	2
7	6	2	11	7	3	1	6
8	2	0	3	8	6	3	11
Вид огня А				Вид огня Б			
9	8	3	16	9	4	2	8
10	2	1	3	10	7	5	14
11	1	0	1	11	4	3	6
12	1	0	2	12	3	2	5
13	6	2	11	13	3	2	5
14	4	2	8	14	3	3	6
15	8	2	15	15	4	1	6
16	3	2	5	16	2	1	3
17	4	1	7	17	5	1	10
18	1	0	2	18	6	1	11
19	6	3	13	19	7	3	12
20	8	4	15	20	8	4	14
21	4	2	9	21	5	3	6
22	6	2	14	22	4	1	8
23	2	1	3	23	7	3	10
24	3	1	7	24	3	2	4
25	6	1	9	25	1	1	2

Рассчитаем показатели эффективности, результат запишем в таблицу 49.

Таблица 49 – Результаты задачи 1

Порядок значимости	1	2
П.Э.	N	$m_{py}$
Вероятность 1	37,38318	4,975
Вероятность 2	44,64286	3,96

Вывод: Целесообразно выбрать вид огня Б, т.к. у него наблюдается наибольший процент уничтоженных целей от числа участвующих в полете и наименьшие мат. ожидание числа израсходованных ракет за одну уничтоженную цель.

## 2. Принятие решений при использовании трех показателей эффективности

### Задача 2

Рассчитать показатели эффективности и выбрать вид огня, если результаты моделирования приведены в таблицах. Показатели эффективности ранжированы.

Рассчитать показатели эффективности и выбрать вид огня, если показатели эффективности проранжированы следующим образом (таблица 50).

Таблица 50 – Ранжирование показателей эффективности для задачи 2

$p \rightarrow$	max	вероятность поражения цели за стрельбу
$m \rightarrow$	min	мат. ожидание числа израсходованных ракет за стрельбу
$m_y \rightarrow$	min	мат. ожидание числа израсходованных ракет за одну стрельбу

*Решение*

Результаты моделирования стрельбы способом А и Б представлены в таблице 51.

Таблица 51 – Результаты моделирования стрельбы способом А и Б для задачи 2

№ п/п	Исход стрельбы	Число израсход. ракет		№ п/п	Исход стрельбы	Число израсход. ракет
1	2	3		4	5	6
Вид огня А				Вид огня Б		
1	1	4		1	1	3
2	1	1		2	1	3
3	1	4		3	1	3
4	0	4		4	1	3
5	1	4		5	1	3
6	0	4		6	1	4
7	1	4		7	0	4
8	0	4		8	1	3
9	1	1		9	0	4
10	0	4		10	1	3
11	1	1		11	0	4
12	0	4		12	1	3
13	1	4		13	0	4
14	1	4		14	1	4
15	0	4		15	1	3
16	0	4		16	1	3
17	1	1		17	1	3
18	1	1		18	1	3
19	1	4		19	1	3
20	0	4		20	1	3
21	0	4		21	1	3
22	1	1		22	0	4

Продолжение таблицы 51

1	2	3	4	5	6
Вид огня А			Вид огня Б		
23	1	1	23	0	4
24	1	4	24	1	3
25	1	4	25	0	4
26	1	4	26	0	4
27	0	4	27	0	4
28	0	4	28	1	3
29	1	4	29	1	3
30	1	1	30	0	4
31	1	4	31	0	4
32	1	1	32	1	4
33	0	4	33	0	4
34	1	1	34	0	4
35	1	1	35	1	3
36	1	4	36	1	3
37	1	4	37	1	3
38	1	1	38	0	4
39	1	4	39	0	4
40	1	4	40	0	4
41	1	4	41	1	3
42	1	4	42	0	4
43	1	4	43	1	1
44	1	4	44	1	1
45	0	4	45	0	0
46	0	4	46	0	0
47	0	4	47	0	0
48	1	4	48	1	1
49	1	4	49	1	1
50	1	1	50	0	0

Рассчитаем показатели эффективности, результат запишем в таблицу 52.

Таблица 52– Результаты задачи 2

Порядок значимости	1	2	3
П.Э.	$p$	$m$	$m_{py}$
Вид А	0,58	3,48	6
Вид Б	0,72	3,22	4,472222

Вывод: целесообразно выбрать вид огня Б, т.к. у него наблюдается наибольшая вероятность поражения цели за стрельбу и наименьшие мат. ожидание числа израсходованных ракет за стрельбу и мат. ожидание числа израсходованных ракет за одну стрельбу.

### Задания для самостоятельной работы

1. Принятие решений при использовании двух показателей эффективности

#### Задача 3

Рассчитать показатели эффективности и выбрать вид огня, если результаты моделирования приведены в таблицах. Показатели эффективности ранжированы следующим образом (таблица 53).

Таблица 53 – Ранжирование показателей эффективности для задачи 3

$N \rightarrow$	max	% уничтоженных целей от числа участвующих в полете
$m_{py} \rightarrow$	min	мат. ожидание числа израсходованных ракет за одну уничтоженную цель

#### Решение

Результаты моделирования стрельбы способом А и Б представлены в таблице 54.

Таблица 54 – Результаты моделирования стрельбы способом А и Б для задачи 3

№ п/п	Кол-во целей в налете	Кол-во уничтож. целей	Кол-во израсход. ракет	№ п/п	Кол-во целей в налете	Кол-во уничтож. целей	Кол-во израсход. ракет
Вид огня А				Вид огня Б			
1	1	1	2	1	3	1	6
2	3	2	4	2	6	3	10
3	7	3	8	3	2	1	4
4	4	1	8	4	4	3	5
5	5	3	14	5	5	3	8
6	8	4	12	6	5	1	6
7	7	7	11	7	7	2	14
8	6	1	10	8	6	4	6
9	9	1	3	9	1	1	1
10	2	1	6	10	2	1	4
11	4	1	6	11	7	3	10
12	3	3	5	12	3	2	6
13	3	2	5	13	4	2	5
14	3	2	6	14	2	2	3
15	4	3	7	15	8	2	8
16	7	5	14	16	5	4	10
17	4	2	8	17	1	1	2
Вид огня А				Вид огня Б			
18	8	3	11	18	7	2	6
19	3	1	6	19	3	2	5
20	1	0	2	20	2	1	3
21	8	5	11	21	4	1	7
22	6	1	10	22	2	1	3
23	6	1	12	23	2	2	4
24	3	1	4	24	5	3	7
25	1	0	2	25	6	1	6

2. Принятие решений при использовании трех показателей эффективности

**Задача 4**

Рассчитать показатели эффективности и выбрать вид огня, если результаты моделирования приведены в таблицах. Показатели эффективности ранжированы следующим образом (таблица 55).

Таблица 55 – Ранжирование показателей эффективности для задачи 4

$p \rightarrow$	max	вероятность поражения цели за стрельбу
$m \rightarrow$	min	мат. ожидание числа израсходованных ракет за стрельбу
$m_y \rightarrow$	min	мат. ожидание числа израсходованных ракет за одну стрельбу

*Решение*

Результаты моделирования стрельбы видом А и Б представлены в таблице 56.

Таблица 56 – Результаты моделирования стрельбы видом А и Б для задачи 4

№ п/п	Исход стрельбы	Число израсход. ракет		№ п/п	Исход стрельбы	Число израсход. ракет
1	2	3		4	5	6
Вид огня А				Вид огня Б		
1	0	4		1	1	2
2	1	2		2	0	4
3	1	2		3	1	2
4	1	2		4	1	2
5	1	3		5	0	4
Вид огня А				Вид огня Б		
6	1	3		6	0	4

Продолжение таблицы 56

1	2	3	4	5	6
7	0	3	7	1	4
8	1	4	8	1	4
9	0	3	9	0	4
10	1	2	10	1	2
11	1	2	11	1	2
12	1	2	12	1	2
13	0	4	13	1	2
14	1	2	14	1	2
15	1	2	15	0	4
16	1	2	16	1	2
17	0	0	17	1	4
18	0	0	18	0	4
19	1	2	19	1	2
20	1	2	20	1	2
21	1	2	21	1	4
22	1	2	22	1	2
23	1	2	23	0	4
24	1	2	24	1	2
25	0	4	25	0	4
26	0	4	26	0	4
27	1	2	27	1	2
28	1	2	28	1	4
29	1	2	29	0	4
30	1	2	30	1	2
31	1	2	31	1	4
32	1	2	32	1	2
33	0	4	33	1	4
34	0	4	34	1	2
35	0	4	35	0	4
36	1	4	36	1	4

Продолжение таблицы 56

1	2	3		4	5	6
37	1	2		37	1	2
38	1	3		38	0	4
39	1	2		39	1	2
40	1	3		40	1	4
41	1	4		41	1	2
42	1	4		42	1	2
43	1	2		43	0	4
44	1	2		44	1	2
45	1	3		45	1	5
46	1	2		46	1	2
47	0	4		47	1	4
48	1	3		48	1	4
49	1	3		49	1	2
50	1	3		50	1	2

## Список использованных источников

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: в 2 т.: учебник для студ. Вузов / С.А. Айвазян . – 2-е изд., испр. – Т.2. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 432 с.
2. Боровиков, В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. Боровиков. – 2-е изд. (+CD). – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
3. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
4. Бююль, А. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: пер. с нем / А. Бююль, П. Цефаль. – СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2001. – 608 с.
5. Вентцель, Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 551 с.
6. Гаазе-Рапопорт, М.Г. От амебы до робота: модели поведения / М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Поспелов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит, 1987. – 288 с.
7. Гультяев, А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс / А. Гультяев. – СПб.: Питер, 2000. – 432 с.
8. Гурин, Л.С. и др. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов / Л.С. Гурин. – М.: Советское радио, 1968. – 463 с.
9. Дегтярев, Ю.И. Исследование операций / Ю.И. Дегтярев – М.: Высшая школа, 1986. – 320 с.
10. Дегтярева, Т.Д. Автоматизированные информационные технологии в высших учебных заведениях: монография / Т.Д. Дегтярева, Н.В. Спешилова. – Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2001. – 213 с.

11. Дубров, А.М. Многомерные статистические методы: учебник / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 352 с.
12. Клеймен, Дж. Статистические методы в имитационном моделировании / Дж. Клеймен. – М.: Статистика, 1978; Вып. 1. – 221 с.; Вып. 2. – 335 с.
13. Огородников, П.И. Статистическое исследование и моделирование производства молока в Оренбургской области / П.И. Огородников, Н.В. Спешилова, М.А. Михайленко // Финансовая экономика. – 2019. – №7 (часть 1). – С. 59-64.
14. Огородников, П.И. Повышение эффективности инновационного развития сельского хозяйства в регионе посредством оптимизации производственно-отраслевой структуры предприятий / П.И. Огородников, Н.В. Спешилова // Экономика и предпринимательство. – 2020. – №2(115). – С. 561-565. – DOI: 10.34925/EIP.2020.115.2.110.
15. Огородников, П.И. Эконометрическое моделирование производства зерна в Оренбургской области и обоснование инноваций для развития зерновой отрасли / П.И. Огородников, Н.В. Спешилова, В.В. Храмова // Научное обозрение: теория и практика. – 2020. – Т.10, №3(71). – С. 360-372. – DOI: 10.35679/2226-0226-2020-10-3-360-372
16. Орлов, А.И. Прикладная статистика: учебник / А.И. Орлов. – М.: Изд-во «Экзамен», 2006. – 671 с.
17. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учебник для вузов: в 2 т. – 2-е изд., испр. – Т.1: Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Теория вероятностей и прикладная статистика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.
18. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 1998. – 319 с.
19. Советов, Б.Я. Моделирование систем: Курсовое проектирование / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 1988. – 135 с.

20. Советов, Б.Я. Моделирование систем: лабораторный практикум / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 1989. – 80 с.

21. Спешилова, Н.В. Выбор стратегии управления сбытом продукции малым предприятием сельскохозяйственного региона в условиях цифровизации / Н.В. Спешилова // Экономика и предпринимательство. – 2021. – №1. – С.776-779. – DOI: 10.34925/EIP.2021.126.01.150

22. Спешилова, Н.В. Обоснование принятия решений в управлении промышленным предприятием на основе применения математико-статистических методов / Н.В. Спешилова, Е.М. Крипак, Т.М. Шпильман, Р.Р. Рахматуллин // Экономика и предпринимательство.– 2018.– №12. – С.989 – 994.

23. Спешилова, Н.В. Использование экономико-математического инструментария при обосновании принятия управленческих решений для оптимизации деятельности предприятия / Н.В. Спешилова, В.Н. Кузьмина, Д.М. Стуков // Финансовый бизнес. – 2021. – №2. – С.63-67.

24. Спешилова, Н.В.. Статистическое исследование социальной дифференциации регионов России на основе моделей конвергенции / Н.В. Спешилова, Т.Н. Ларина // Региональная экономика: теория и практика. – 2010, №44(179) – ноябрь. – С.18-23.

25. Спешилова, Н.В. Статистический анализ развития финансового лизинга в России / Н.В. Спешилова, С.А. Платонов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – №2(40). – С.170-173.

26. Спешилова, Н.В. Применение математических методов к оценке эффективности инвестирования агропромышленного комплекса Оренбургской области / Н.В. Спешилова, А.Ю. Сгибнева // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015). – <http://naukovedenie.ru/PDF/54EVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/54EVN615

27. Спешилова, Н.В. Экономико-математические модели и их практическое применение в АПК: учебное пособие, 4-е изд., перераб. и доп. / Н.В. Спешилова, Е.В. Шеврина, О.А. Корабейникова – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2012. – 132 с.

28. Спешилова, Н.В. Применение методов статистического моделирования и математического программирования для обоснования принятия решений в региональных сельскохозяйственных организациях / Н.В. Спешилова, В.Н. Шепель // Экономика и предпринимательство. – 2020. – №6(119). – С.555-559. – DOI: 10.34925/EIP.2020.119.6.114

29. Теория прогнозирования и принятия решений. учеб. пособие / Под ред. С.А. Саркисяна. – М.: Высш. школа, 1977. – 188 с.

30. Технология принятия решений в экономике и в управлении техническими системами: учебное пособие / [Н. В. Спешилова и др.]; под общ. ред. Н.В. Спешиловой; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург: ОГУ, 2018. – 304 с.

31. Шепель, В.Н. Многокритериальные детерминированные задачи принятия решений подсистем высших учебных заведений / В.Н. Шепель, Н.В. Спешилова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – №12. – С.124-128.

32. Шепель, В.Н. Описание животноводческих сельскохозяйственных предприятий посредством агрегативной вероятностно-статистической модели для повышения эффективности управления / В.Н. Шепель, Н.В. Спешилова // Экономика и предпринимательство. – 2021. – №2(127). – С.577-582. – DOI: 10.34925/EIP.2021.127.2.112

33. Шепель, В.Н. Критериальный метод подготовки управленческих решений на промышленных предприятиях / В.Н. Шепель, В.И. Юршев, Н.В. Спешилова, И.Ш. Тавтилов // Автомобильная промышленность. – 2019. – №10. – С. 1-4.

34. M.V. Kitaeva, N.V. Speshilova, V.N. Shepel (2016). Mathematical Models of Multi-criteria Optimization of Subsystems of Higher Educational Institutions // International Review of Management and Marketing, 2016, 6(S5). – 249-254. – URL: <http://www.econjournals.com/index.php/irmm/article/view/2827/pdf>

35. Speshilova N.V., Shepel V.N., Kitaeva M.V. (2020). Optimization of Higher Education in Economy Digitalization. In: Ashmarina S., Vochozka M., Mantulenko V. (eds) Digital Scientific Conference Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities, held in Samara, Russia (Samara State University of Economics), on April 26th–27, 2019). ISCDTE 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 84. Springer, Cham. pp. 448-457. – URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-27015-5\\_54](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-27015-5_54) – DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27015-5\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27015-5_54)

36. V.N. Shepel, N.V. Speshilova, M.V. Kitaeva (2019). Technology Of Management Decision-Making At Industrial Enterprises In The Digital Economy // International Scientific Conference "Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development" (Samara State University of Economics, Samara, Russia 06 – 08 December 2018). – The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS – VOLUME LVII – GCPMED 2018. – P.1520-1531 – URL: <https://www.futureacademy.org.uk/files/images/upload/GCPMED%202018F155.pdf> –doi:<https://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2019.03.155>

37. V.N. Shepel, N.V. Speshilova, V.A. Tripkosh, R.R. Rakhmatullin. (2019). Synthesis Method of Flash Graphs for Optimal Search of Manufacturing Subsystems Recognised on Basis of Composite Bayes Task Solution. TEM Journal, 8(1), 144-149. – URL: [http://www.temjournal.com/content/81/TEMJournalFebruary2019\\_144\\_149.pdf](http://www.temjournal.com/content/81/TEMJournalFebruary2019_144_149.pdf) – DOI:10.18421/TEM81-20.

38. V.N. Shepel, N.V. Speshilova, V.A. Tripkosh, R.R. Rakhmatullin. (2020). Contextual Approach to Industrial Situation Recognition. TEM Journal, 9(3), 944-950. – URL: [http://www.temjournal.com/content/93/TEMJournalAugust\\_944\\_950.pdf](http://www.temjournal.com/content/93/TEMJournalAugust_944_950.pdf) – DOI: 10.18421/TEM93-15.